

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.026

高出水标准污水处理厂设计

李庆桂

[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:随着国家对环保事业的重视程度不断提升,污水处理厂的出水标准也在逐步提高。以浙江省温岭市某污水处理厂为例,介绍高出水标准条件下的污水厂设计,以为同类型污水厂设计提供可参考借鉴的解决方案。该工程设计规模5万m³/d,出水执行《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值》(试行)地表水Ⅳ类水标准。设计对以往进出水水质数据进行全方位多角度分析,针对该厂进水低碳高氮磷的特点,为充分利用污水中的碳源,最大程度降低脱氮和除磷对碳源的争夺,工程拟采用改良型A/A/O工艺,针对出水总磷和SS要求较高的情况,工程创新性采用“气浮+气水反冲洗滤池”组合工艺。

关键词:高出水标准;工艺流程;总体设计;工艺设计;除臭设计

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0104-05

0 引言

随着国家对环保事业的重视程度不断提升,污水处理厂的出水标准也在逐步提高。目前,很多省份在国标的基础上出台了更为严格的地方标准。本文以浙江省温岭市某污水处理厂为例,介绍高出水标准条件下的污水厂设计,以为同类型污水厂设计提供可参考借鉴的解决方案。

1 工程概况

浙江省温岭市某污水处理厂一期处理规模为1万m³/d,于2013年年底竣工,设计出水为一级B标准。2016年,二期改扩建工程项目启动,包括对原处理系统提标改造、扩建二级生化处理系统(4万m³/d)和新建全厂深度处理系统(5万m³/d)。改扩建工程完工后,污水处理厂处理规模达到5万m³/d,出水达到《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值》(试行)地表水Ⅳ类水标准,该工程已于2017年10月投入正式运行。

依据《温岭市域污水专项规划(2018-2035年)》(成果稿)和《泽国镇总体规划(2018-2035)》,该厂近期处理规模为10万m³/d(近期为2018年到2025年),远期规划总规模达到20万m³/d(远期为2026年到2035年)。根据规划,近期该污水处理厂的服务范围除最初的泽国镇、大溪镇两镇外,还新增了中心

城区的横峰、城北等区域,由于服务范围的扩大和区域内污水量的快速增加,目前的处理规模将难以满足污水处理需求。因此,亟需启动该污水处理厂三期扩建工程建设,以满足区域污水处理及环境保护的相关要求,以适应该地经济社会的快速发展。

2 设计方案

2.1 工程规模及设计进出水水质

工程针对该污水处理厂近3a进水量进行分析,同时采用人均综合用水量指标法和城市建设用地综合用水量指标法预测近期污水量,最终确定该厂近期处理规模为10万m³/d,因此该厂还需扩建5万m³/d。结合远期规划,为避免重复建设,部分设施如进水泵房、脱水机房等构筑物土建按远期15万m³/d一次建成。

工程分析了该污水处理厂近3a实际进水水质,同时结合该厂现状设计水质,最终确定该工程设计进水水质,见表1。依据浙江省和台州市相关计划要求,工程设计出水水质执行《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值》(试行)地表水Ⅳ类水标准。污泥拟将含水率降至80%后外运,纳入温岭绿能新能源有限公司统一处理处置。臭气执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中厂界二级标准。

2.2 设计工艺流程

针对进水栅渣较多的情况,工程设置“粗格栅+细格栅+超细格栅”三道格栅进行拦截。针对该厂进水低碳高氮磷的特点,为充分利用污水中的碳源,最大程度降低脱氮和除磷对碳源的争夺,工程拟采用改

收稿日期:2022-04-03

作者简介:李庆桂(1990—),男,硕士,工程师,从事排水设计工作。

表1 设计进出水水质表

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
设计进水水质 / (mg·L ⁻¹)	340	100	300	40	55	7
设计出水水质 / (mg·L ⁻¹)	30	6	5	1.5 (2.5)	12 (15)	0.3
去除率 /%	91.2	94	98.3	96.3	78.2	95.7

良型 A/A/O 工艺。其在传统 A/A/O 工艺基础上分级进水多段反应,在厌氧池前端增加了一个预缺氧池,污水分段进入生物反应池的多个缺氧区,使生反池形成多级 AO 串联。由于硝化、反硝化交替进行,在硝化过程中被消耗的碱度在反硝化的过程中可以得到一定程度的补偿,这样在生物处理系统中,碱度不会发生太大的变化,同时污水中的碳源能够得到充分的利用,减少对投加碳源的依赖程度。

针对出水总磷要求较高的情况,工程拟采用加药量少,除磷效果更佳的气浮工艺。该工程出水 TN 要求为 12 mg/L,通过延长反硝化区及在缺氧区投加碳源可以使其出水标准稳定达标。为确保出水 SS 指

标(SS(将其出水标)达标,工程推荐采用气水反冲滤池工艺。气水反冲滤池最早应用于大规模自来水厂内,随着污水厂深度处理要求逐渐普及,气水反冲滤池在污水厂中也得到了广泛的应用。其出水水质高、有一定的抗冲击能力、维护量少、操作简便、运行管理经验丰富、土建和设备投资均较低,适合用于该工程。

为避免由于进水 COD 可生化性差导致出水不达标,拟在气浮池搅拌区内投加粉末活性炭,用于吸附污水中溶解性不可降解的 COD。同时在气浮池出水渠道设置快速 COD 检测仪表,通过实时数据与出水 COD 浓度值建立趋势联系,便于提前预判出水不达标的情况,从而指导粉末活性炭投加的时机。

为保证运行稳定性,减少对周围环境的影响,污泥处理拟采用密闭性好的离心脱水机。该工程需脱水的泥量较小,拟采用浓缩和脱水合二为一的离心式浓缩脱水一体机来实现污泥的脱水需求。该机型占地面积较小,设备数量少,维护简单。

设计工艺流程图见图 1。

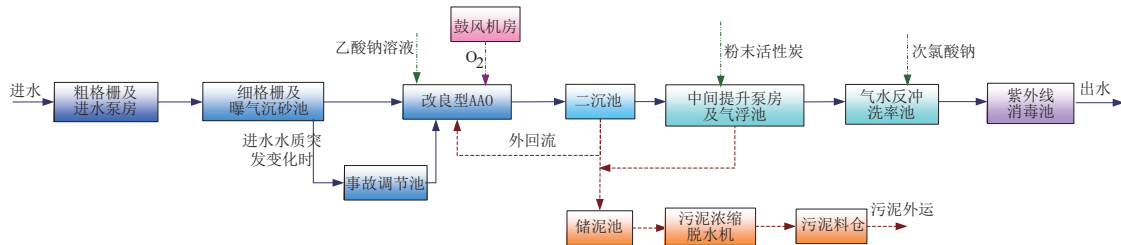


图1 工艺流程图

2.3 总体设计

(1)各处理单元功能分区清晰,整体流程简捷、顺畅。

平面布置中充分考虑污水处理设施南侧进水、东侧出水的实际情况,将污水处理构筑物自西向东布置,整个处理构筑物的布置与进、出水方向顺接,避免无效的水流反复,做到整个处理流程顺畅,水流流向简捷有效。在厂区平面布置中,尽量将各功能处理构筑物相对集中布置;厂内污水处理、污泥处理区布置分明;近、远期边界清晰;预处理、二级处理、深度处理和附属设施都相对集中布置,做到分区明确,功能分明。

(2)实现物流通道、巡检通道和参观通道的分离。

充分考虑各功能区在物料运输,人员巡检、参观流程上的实际需求,在进出通道、与管理接待区的距离、各区域之间衔接等方面予以优化;人员值班室与曝气区、加药间、污泥脱水间等需要重点值守的区域

距离均较近,便于人员巡检和运行条件的控制。药剂、污泥等可通过厂区西侧的物流出入口进行运输,避免对管理区和参观人流的影响。

(3)充分考虑近、远期结合的需要

在总体平面布置方案中,将远期扩建工程预用地布置于工程的北侧,用地规整,扩建施工时将不会对已建污水处理厂的运行与管理影响较小。为便于管理,将部分建、构筑物土建按远期规模一次建成,避免了重复建设。同时,在平面布置中,充分考虑近、远期结合,为远期建设留有充足的余地。

工程平面布置见图 2。

3 工艺设计

(1)粗格栅及进水泵房

新建粗格栅及进水泵房 1 座,平面尺寸为 28.8 m × 12.9 m,土建规模按远期 15 万 m³/d 设计,设备规模按近期 5 万 m³/d 配置。配备抓斗式格栅除污机 2

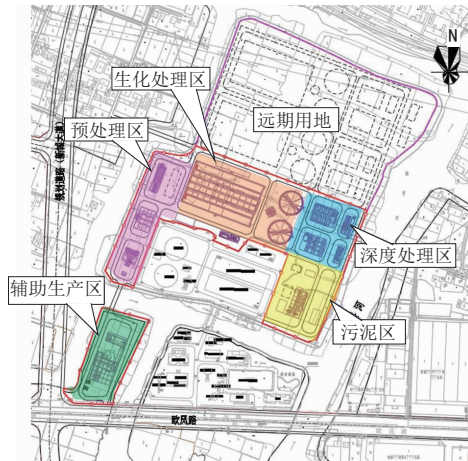


图2 平面布置图

套,单套宽度 $B=1\ 300\text{ mm}$,间隙 $e=20\text{ mm}$;配备进水泵3台(2用1备,1台变频),单台参数为 $Q=1646\text{ m}^3/\text{h}$, $H=11.5\text{ m}$, $N=86\text{ kW}$ 。

(2) 细格栅曝气沉砂池

新建细格栅曝气沉砂池1座,平面尺寸为 $44\text{ m} \times 14.15\text{ m}$,规模为 $7.5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。设有2台转鼓式细格栅,单台格栅宽度 $B=1\ 800\text{ mm}$,栅条间隙 $e=8\text{ mm}$;设有2台内径流格栅,单台格栅宽度 $B=1\ 800\text{ mm}$,栅条间隙 $e=3\text{ mm}$ 。曝气沉砂池有效水深 $H=3\text{ m}$,高峰停留时间为 7.29 min ,排砂方式采用运行可靠性强,密闭性好,对周边环境影响较小的水平排砂螺杆。

(3) 生物反应池

新建生物反应池1座,规模为 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$,分为2池,单池处理规模为 $2.5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。平面尺寸为 $122\text{ m} \times 65\text{ m}$,有效水深 7 m ,总停留时间为 15.14 h ,污泥浓度为 3.5 g/L 。配备内回流污泥泵6台(4用2备,其中2台变频),单台参数为 $Q=1\ 050\text{ m}^3/\text{h}$, $H=1.2\text{ m}$, $N=13\text{ kW}$;潜水搅拌机44台,功率 $N=3.7\text{ kW}$;结合低碳理念,曝气器拟采用低阻力的刚玉型曝气盘。

(4) 二沉池及配水井

新建二沉池2座,配水井1座,总规模为 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$,单座二沉池平面尺寸为 42.4 m ,设计表面负荷为 $1.31\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (高峰)。二沉池采用中心传动吸泥机,每池内设置1台直径为 40 m 中心传动吸泥机,吸泥机在刮泥的同时将液面漂浮刮至浮渣斗后排出池外^[2],浮渣与栅渣等一并外运处置。污泥渠末端的外回流污泥泵将回流污泥输送至生物反应池进水端,剩余污泥由剩余污泥泵提升至污泥处理设施处理。共配备2套中心传动吸泥机,直径 40 m ,功率为 0.75 kW 。

(5) 中间提升泵房及气浮池

新建中间提升泵房及气浮池1座,平面尺寸为 $40.9\text{ m} \times 32.9\text{ m}$,规模为 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$,拟采用4套一体化气浮设备,具体设计参数如下:接触区上升流速 $60\sim 70\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,分离区向下流速 $20\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,溶气压力 $0.35\sim 0.4\text{ MPa}$,回流比 15% 。设置混合搅拌机4套,单套直径 $D=800\text{ mm}$,转数 $n=70\text{ r/min}$,功率 $N=1.5\text{ kW}$;絮凝搅拌机4套,单套直径 $D=6\ 500\text{ mm}$, $n=9\text{ r/min}$,功率 $N=3\text{ kW}$ 。

(6) 气水反冲洗滤池

新建气水反冲洗滤池1座,平面尺寸为 $42.05\text{ m} \times 30.44\text{ m}$,规模为 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。气水反冲洗滤池内分为6格,单格有效面积为 64 m^2 ,平均流量滤速 5.4 m/h 。气水反冲洗滤池的进水为气浮池的出水,SS一般为 $10\sim 20\text{ mg/L}$ 。

(7) 紫外消毒池及巴氏计量槽

新建紫外消毒池及巴氏计量槽1座,紫外线消毒池平面尺寸为 $8.5\text{ m} \times 6.5\text{ m}$,其中紫外消毒池土建规模按远期 $15\text{ 万 m}^3/\text{d}$,设备规模按近期 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 配置,巴氏计量槽按远期 $15\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 设计。内设静态混合器1套,用于将投加的次氯酸钠和出水混合均匀,使其消毒效果得到充分发挥。

(8) 鼓风机房及2#变电所

新建鼓风机房及2#变电所1座,平面尺寸约为 30 m 寸约为及氯酸,用于给生物反应池供气。鼓风机房内设4台悬浮型离心鼓风机(3用1备),单台风量 $Q=65\text{ m}^3/\text{min}$,风压 $H=0.08\text{ MPa}$,功率 $N=125\text{ kW}$;自动卷帘式空气过滤器2套,功率 $N=0.4\text{ kW}$ 。

(9) 贮泥池

新建贮泥池1座,容积为 600 m^3 ,有效水深 5.0 m ,近期设计停留时间为 19 h ,远期设计停留时间为 12.6 h 。设置潜水搅拌机3套,功率 $N=10\text{ kW}$ 。

(10) 污泥浓缩脱水机房及料仓

新建污泥浓缩脱水机房及料仓1座,平面尺寸为 $31.5\text{ m} \times 20.24\text{ m}$,土建规模按远期 $15\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 设计,设备规模按近期 $5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 配置。用于对贮泥池内低浓度的污泥进行脱水,使其含固率低于 80% 后外运处理。配置离心浓缩脱水一体机2台(1用1备),并为远后期预留两个机位。脱水机设计工作时间为 12 h ,总进泥量 $Q=840\text{ m}^3/\text{d}$,进泥含水率 98.97% ,单台脱水机设计流量 $Q=70\text{ m}^3/\text{h}$,固体负荷为 537 kg/h/台 ,出泥含固率 20% ,加药量为 5 kg/tDS 。

4 除臭设计

4.1 臭气收集

该工程在在满足工艺要求的前提下,结合运行管理要求,经过技术经济比选,确定各构筑物的加盖形式如下:

(1)粗格栅采用不锈钢骨架+钢化玻璃罩,进水泵房出水井采用高强度拱形玻璃钢盖。

(2)细格栅采用不锈钢罩(设备配套),曝气沉砂池采用混凝土现浇顶板+局部玻璃钢盖板。

(3)生物反应池,为大跨度结构,拟采用钢筋混凝土加盖(上部布置绿化),好氧段为方便观察池内曝气情况局部设置高强度玻璃钢拱形盖板(可滑动)。

(4)贮泥池采用钢筋混凝土加盖。

4.2 臭气处理

工程针对不同的除臭区域采用不同的除臭方法,预处理区、生物反应区厌氧段和污泥区等臭气浓度较高的区域,拟采用技术成熟、效果稳定、运行成本低的生物除臭技术为主,同时辅以物化除臭针对性去除气溶胶;生物反应池好氧段由于臭气浓度较低,出于美观考虑,拟采用无组织排放的土壤滤池;为改善操作人员工作环境,拟在部分人员操作空间送离子新风。

臭气量指标参考《城镇污水处理厂臭气处理技术规程》(CJJ/T 243—2016)^[3]和以往的工程经验确定。好氧段按曝气量的1.1~1.3倍计算。各构(建)筑物的除臭风量见表2。

表2 除臭风量一览表

构筑物名称	除臭工艺	构筑物数量/座	单座加盖面积/m ²	换气量标准/[m ³ ·(m ² ·h) ⁻¹]	总臭气量/(m ³ ·h ⁻¹)	单套除臭设备风量/(m ³ ·h ⁻¹)	除臭设备数量/套	设计总风量/(m ³ ·h ⁻¹)
粗格栅及进水泵房	生物滤池+物化除臭	1	200	10	2 000			
细格栅及曝气沉砂池	生物滤池+物化除臭	1	600	3	1 800	16 000	1	16 000
生反池厌氧段	生物滤池+物化除臭	1	4 000	3	12 000			
生反池好氧段	土壤滤池	1			18 000	18 000	1	18 000
贮泥池	生物滤池+物化除臭	1	100	3	300			
污泥浓缩脱水机房及料仓	生物滤池+物化除臭	1	3 300	8	26 400	27 000	1	27 000

该工程新建3套除臭设施,总除臭风量为61000m³/h;送离子新风设备1套,送风量为25000m³/h。除臭风管全部采用SS304不锈钢风管。池顶不锈钢风管均架空敷设,下部净空不低于2.2m;厂区内除臭风管架空敷设,下部净空不低于2.2m,如遇过路段下部净空不低于4.4m。

5 设计亮点

(1)融合双碳设计理念,打造低碳型污水厂。

污水处理采用融合“双碳理念”进一步创新优化的改良型A/A/O工艺,充分利用污水中的碳源,减少外加碳源。采用智能曝气控制系统,节约鼓风机曝气系统能耗约10%。利用污水源热泵系统为综合楼等办公场所供冷供热,回收污水中的能量。曝气器采用低阻力的刚玉曝气盘,节约能耗。

(2)选用高效除臭工艺,打造高效型污水厂。

除臭设计着眼全局,从密闭超高效收集的臭气

隔离罩、高质量均匀输送的可视化管路系统到高标一体化运行的除臭设备,一套完美的组合拳确保了工程设计标准的达成。

(3)引进智能巡检系统,打造智慧型污水厂。

该工程生物反应池除臭加盖,建成后无法观察反应池内曝气情况。为及时了解反应池曝气情况,减少人员劳动强度,以及考虑到人身安全,工程考虑在生物反应池内设置智能巡检机器人,可在盖板下巡检,观察反应池曝气情况,并且进行智能识别分析并输出报告。

6 综合效益分析

(1)环境效益

通过该工程的实施,每年可减少大量污染物排河,各项污染指标削减量见表3。

(2)社会效益

该工程的建设有助于进一步提高温岭市周边的

表3 各项污染指标削减量

指标	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
本工程运行后 排放减少量/ (t·a ⁻¹)	5 657.5	1 715.5	5 383.8	784.8	702.6	122.3

水环境质量;进一步提升城市形象;推进区域建设,为促进城区经济社会和环境的可持续发展以及保障市民拥有良好的生活环境作出更多贡献。

(3)经济指标

该工程第一部分投资为 30 277.48 万元,总投资为 46 284.52 万元。污水单位经营成本 1.20 元 /m³,单位处理成本 2.71 元 /m³。

7 结 语

本文以浙江省温岭市某污水处理厂为例,介绍高出水标准条件下的污水厂设计,以期同类型污

水厂设计提供可参考借鉴的解决方案。工程设计规模 5 万 m³/d,出水执行《台州市城镇污水处理厂出水指标及标准限值》(试行)地表水Ⅳ类水标准。根据进出水水质特点,污水处理针对性采用“改良型 A/A/O+气浮+气水反冲洗滤池”的组合工艺;污泥采用离心浓缩脱水一体机将含水率降至 80%后外运处置;臭气采用组合工艺处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)^[1] 中厂界二级标准。工程第一部分投资为 30 277.48 万元,总投资为 46 284.52 万元。

参考文献:

- [1] GB 18918—2002,城镇污水处理厂污染物排放标准[S].
- [2] 卢军辉. 污水处理厂运行模拟和工艺优化研究——以苏州新区第二污水处理厂为例[D].苏州:苏州科技大学,2018.
- [3] CJJ/T 243—2016,城镇污水处理厂臭气处理技术规程[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com