

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.045

某光伏产业园区污水处理厂工程设计

郑涛

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:安徽某光伏产业园区污水处理厂设计规模为 2 万 m³/d,污水处理厂进水以光伏废水为主,其水质具有难降解、含氟及盐浓度较高等特点。污水经前置高效沉淀池+水解酸化池预处理后,再经 Bardenpho 生物池进行二级生化处理,最后经后置高效沉淀池+反硝化深床滤池进行深度处理,出水经次氯酸钠消毒后达标排放。出水水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)准 V 类标准(出水 COD≤40 mg/L, BOD₅≤10 mg/L, TP≤0.4 mg/L, NH₃-N≤5mg/L, TN≤10 mg/L, 氟化物≤1.5 mg/L, SS≤10 mg/L, 粪大肠菌群数≤1000 个/L)。从水质特点、处理工艺、主要构筑物设计参数及主要经济技术指标,介绍了光伏产业园区污水处理厂的设计特点。

关键词:光伏产业园区;除氟剂;高效沉淀;水解酸化;Bardenpho 工艺

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)11-0191-03

0 引言

安徽某光伏产业园区光伏企业污水,经企业内部污水站预处理后达到《电池工业污染物排放标准》(GB 30484—2013)中新建企业水污染物排放限值表内间接排放要求,之后专管排入园区污水处理厂,其余企业污水由企业内部污水站预处理达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)B 级标准后,经园区污水管道收集后排入产业园区污水处理厂进行集中处理。

1 设计规模及进、出水水质

园区污水处理规模为 2 万 m³/d,其中光伏企业废水 1.6 万 m³/d,其余园区企业污水 0.4 万 m³/d。根据环境影响评价要求,为满足尾水排放水体的环境容量,出水水质需达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中准 V 类标准(出水 COD≤40 mg/L, BOD₅≤10 mg/L, TP≤0.4 mg/L, NH₃-N≤5 mg/L, TN≤10 mg/L, 氟化物≤1.5mg/L, SS≤10 mg/L, 粪大肠菌群数≤1 000 个/L)。污水处理厂设计进、出水水质如表 1 所示。

2 污水处理工艺流程

2.1 水质特点

本工程中污水主要为光伏企业污水,占比 80%,

收稿日期: 2023-11-27

作者简介:郑涛(1977—),女,博士,高级工程师,从事给排水设计工作。

表 1 设计进水及出水水质 单位:mg/L

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	氟化物
进水	200	40	160	35	40	3	8
出水	40	10	10	5	10	0.4	1.5

经企业内部预处理后污水中污染物主要为难降解污染物, BOD₅/COD 为 0.2,可生化性较差,氟化物去除要求高,去除率达 81.25%;营养物质不均衡, C/N 比例失衡,碳源不足;污水来自于园区各企业,水质存在一定的波动性。

2.2 工艺流程说明

根据工业园区污水特点,对污水处理工艺进行了论证与选择。根据园区污水水质,本工程重点为除氟、除碳和脱氮,参考相关工业园区污水处理厂设计经验^[1-2],设计采用预处理+二级生化处理+深度处理相结合的工艺。

(1)预处理单元。预处理单元需重点考虑水质均衡及除氟,提高污水可生化性。根据污水收集特点,光伏企业污水可不经预处理直接压力输送至调节池,其余企业污水经园区污水管道重力流收集后依次进入粗格栅及进水泵房和细格栅及旋流沉砂池,再与光伏企业污水在调节池混合进行水质和水量调节,以减轻后续处理构筑物的负荷。同时设置事故池以应对污水的水质波动及突发情况。

本工程污水中氟化物的常用去除方法有钙盐混凝沉淀法、膜分离法,树脂吸附法以及除氟剂法^[3]。除氟剂法针对低浓度含氟废水效果较好,本工程选用 GMS-F3 除氟剂,主要成分为铝铁复合盐,具有高正

电荷密度、中聚合度等特点,其羟基位点可与污水中的氟离子快速络合形成稳定的配合物,同时因正电荷密度降低,加速配合物聚集沉淀,实现游离态氟向颗粒态氟的转化,再经高分子絮凝剂搭桥、捕捉等作用,快速实现泥水分离,具有去除率高、反应速度快、除氟工序简单、适用性广等特点^[4-5]。因此,针对本工业园区污水氟化物浓度不高、但去除率要求较高的特点,采用除氟剂法经混凝沉淀对污水进行预处理。本工程在混凝沉淀池中投加 GMS-F3 除氟剂实现氟化物的高效去除,确保出水氟化物稳定 < 1.5 mg/L,还具有降低 SS、辅助除磷等功能。

考虑到产业园区企业排水中难降解有机物较多,预处理段设置水解酸化池,利用水解和酸化阶段的水解菌、酸化菌等兼氧微生物对污染物质分子结构和性质进行转化,从而将污水中不溶性或难生物降解的大分子物质转化为易生物降解的小分子物质,提高污水 B/C 比,为后续生化池提供良好的水质环境。

综上分析,园区重力流入的污水经“粗格栅 + 细格栅 + 旋流沉砂池”预处理后,与光伏企业污水一并进入调节池,经高效沉淀池 + 水解酸化池预处理工艺后,可适应工业园区污水水量水质波动大、可生化性较差的特点。

(2)二级生物处理单元。目的主要是脱氮、除碳、除磷。针对原水可生化性较差、水质波动较大等特点,本工程采用改良 Bardenpho 工艺在传统五段式前端设置预缺氧池增加对微生物的选择性,提高碳源有效利用率,增强生化系统抗冲击负荷的能力^[6-7]。

(3)深度处理单元。采用粉碳吸附池 + 高效沉淀池 + 反硝化深床滤池工艺。通过高效沉淀池去除剩余 TP、氟化物及大部分 SS 后进入反硝化深床滤池,进一步去除 TN。最终出水经接触消毒池后达标外排。设置粉碳吸附池作为水质不达标时的应急措施。

具体工艺流程见图 1。

根据处理工艺及进出水水质,各处理单元设计进出水水质水质情况见表 2。

3 主要构筑物及设计参数

(1)粗格栅及进水泵房 1 座,按照 0.4 万 m³/d 设计。回转式格栅除污机 2 台,1 用 1 备,格栅间距 20 mm,渠道宽度 0.8 m,安装角度为 75°。潜污泵 4 台,3 用 1 备, Q=120 m³/h, H=10 m, N=5.5 kW。

(2)细格栅及旋流沉砂池 1 座,按照 0.4 万 m³/d

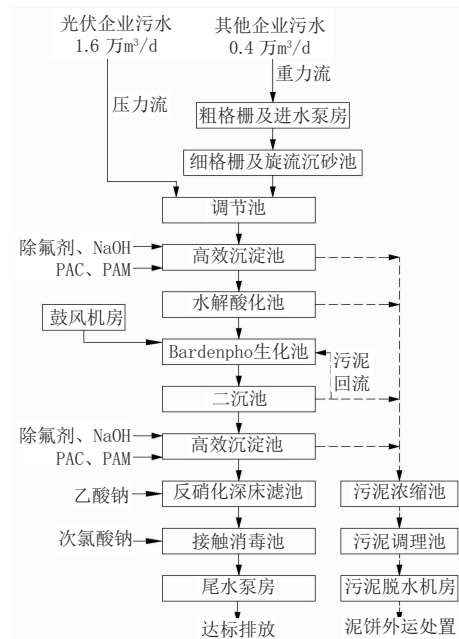


图 1 污水处理工艺流程图

表 2 污水厂各处理单元设计水质一览表

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	氟化物
进水	200	40	160	35	40	3	8
前置高效沉淀池	140	38	96	35	40	2.4	2
各处理单元出水							
水解酸化池	126	60	67	35	40	2.4	2
Bardenpho 生物池 + 二沉池	50	10	20	5	15	0.85	2
后置高效沉淀池	40	9.5	10	5	15	0.4	1.2
反硝化深床滤池	38	9.5	9.5	4.5	9.5	0.38	1.2

设计。回转式格栅除污机 2 台,格栅间距 5.0 mm,渠道宽度 0.8 m,安装角度为 75°。旋流沉砂器 2 套,直径 2.13 m, N=1.5 kW。罗茨风机 2 台, Q=1.78 m³/min, P=49 kPa, N=0.37 kW。砂水分离器 1 台。

(3)调节池(与事故池合建)1 座,尺寸为 44 m × 33 m × 8.0 m,其中调节池有效容积 6 660 m³,水力停留时间为 8 h。池内设搅拌器 4 台,直径 580 mm, N=10 kW;潜污泵 3 台,2 用 1 备, Q=220 m³/h, H=14 m, N=15 kW。事故池有效容积 3 330 m³,水力停留时间为 4 h,设搅拌器 2 台,直径 580 mm, N=10 kW;潜污泵 2 台,1 用 1 备, Q=100 m³/h, H=10 m, N=5.5 kW。

(4)前置高效沉淀池 1 座 2 组,尺寸为 25.8 m × 25.5 m × 7.15 m,混合池混合时间 7.7 min; pH 调节池混合时间 7.7 min;絮凝池絮凝时间 15 min;沉淀池表面负荷 3.8 m³/(m²·h);斜管长 1.0 m,安装角度 60°。池内设中心传动刮泥机 1 台,直径 12 m;回流污泥泵 4 台,2 用 2 备, Q=30 m³/h, H=20 m, N=7.5 kW,

污泥回流比为进水量的5%~10%;剩余污泥泵4台,2用2备,30 m³/h, H=20 m, N=7.5 kW。

(5)水解酸化池与 Bardenpho 生物池合建1座分2组,尺寸为70.8 m×62.1 m×(7.5~7.2 m)。水解酸化池水力停留时间12 h,上升流速0.54 m/h;采用24套自清洗点对点布水器保证布水均匀;设置180套固定床平板填料,对池内污水进行水力切割,使污水与回流污泥混合更加充分,进一步提高微生物浓度,单套填料尺寸4.0 m×2.0 m×1.0 m,间距0.2 m,倾斜60°安装。Bardenpho 生物池有效水深为6 m,共分为预缺氧段、厌氧段、一级缺氧段、一级好氧段、二级缺氧段及二级好氧段6段,各段水力停留时间分别为0.7、1.5、5.5、7.0、2.0、1.3 h,总停留时间18.0 h。MLSS浓度为4 000 mg/L, BOD₅污泥负荷为0.2 kg/(kgMLSS·d),泥龄为15 d。预缺氧段安装潜水搅拌机2台, D=260 mm, N=1.5 kW;厌氧段安装潜水搅拌机4台, D=400 mm, N=2.5 kW;缺氧段安装潜水搅拌机14台, D=400 mm, N=4.0 kW。混合液内回流比为200%~300%,配置穿墙回流泵6台,4用2备, Q=625 m³/h, H=1.0 m, N=10 kW。考虑本工程进水碳源不足,为保证反硝化效果,在 Bardenpho 生物池一级缺氧段和二级缺氧段设置乙酸钠碳源投加管,投加量为100 mg/L,溶液浓度为20%。

(6)二沉池采用周边进水、周边出水辐流沉淀池2座,设计直径为24 m,表面水力负荷0.92 m³/(m²·h),有效水深4 m,固体负荷为155 kg/(m²·d)。每座沉淀池配套中心传动单管吸泥机1台, D=24 m, N=0.37 kW。

(7)粉碳接触池及高效沉淀池1座2组,尺寸为19.1 m×25.5 m×7.2 m,粉碳接触池反应时间为30 min,混合池混合时间10 min;pH调节池混合时间15 min;絮凝池絮凝时间15 min;斜管沉淀池表面负荷为3.8 m³/(m²·h),配置污泥浓缩机2台, D=12 m, N=0.75 kW;回流污泥泵4台,2用2备, Q=30 m³/h, H=20 m, N=7.5 kW;剩余污泥泵4台,2用2备, Q=30 m³/h, H=20 m, N=7.5 kW。

(8)反硝化深床滤池1座4格,每格平面内净尺寸12.2 m×2.9 m,池高4.75 m,滤料层厚度为2.44 m。设计平均滤速为5.89 m/h,当一格反冲洗时强制滤速为7.85 m/h。反硝化深床滤池采用先气冲洗后水冲洗方式,气冲强度为110 m³/(m²·h),水冲强度为14.7 m³/(m²·h)。配置罗茨风机2台,1用1备, Q=65 m³/min, P=79.5 kPa, N=90 kW;反冲洗泵2台,1用1备, Q=520 m³/h, H=10 m, N=22 kW。

(9)接触消毒池1座,尺寸为20.9 m×10.5 m×5.2 m,设计水力停留时间为30 min。设巴氏计量槽一套,喉宽300 mm。设计次氯酸钠投加量为10 mg/L,溶液浓度为10%,液体贮存量按7 d考虑。

(10)污泥浓缩池2座,直径为16.7 m,有效水深3.84 m,污泥负荷为52 kg/(m²·d),绝干泥量为23.4 t DS/d。中心传动污泥浓缩机2台, D=16 m, N=1.5 kW。

(11)污泥脱水机房1座,33.95 m×30.2 m×14.4 m,共两层。首层为污泥泵车间、污泥输送间。二层为污泥脱水间、配电室、控制室。设高压隔膜压滤机4台,3用1备,过滤面积450 m²/台, N=20 kW,出泥含水率≤60%,翻板接液,自动清洗。经脱水的污泥含水率为60%,由污泥车外运处置。

4 工程经济技术指标

厂区总用地面积44 131 m²,总建筑面积5 636 m²,构筑物占地面积13 039 m²,建筑密度12.77%,其中绿地面积18 400 m²,绿地率40%。

本项目总投资为25 710万元,其中工程建设费20 597万元。污水处理厂吨水可变成本为6.09元/m³,其中电费约1.01元/m³,人工费约0.66元/m³,药剂费约3.68元/m³,污泥处置费约0.49元/m³,维修费约0.25元/m³。

5 结语

(1)本文采用前置高效沉淀池—水解酸化池—Bardenpho 生物池—二沉池—后置高效沉淀池—反硝化深床滤池—接触消毒池组合工艺处理光伏产业园区污水,出水水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中准V类标准(出水COD≤40 mg/L, BOD₅≤10 mg/L, TP≤0.4 mg/L, NH₃-N≤5 mg/L, TN≤10 mg/L, 氟化物≤1.5 mg/L, SS≤10 mg/L, 粪大肠菌群数≤1 000个/L)。

(2)本项目采用GMS-F3除氟剂通过混凝沉淀达到高效去除氟化物的目的,通过污泥回流进一步降低除氟剂的投加量。实际运行过程中,可根据进水水质进一步调整和优化除氟剂、pH和PAM投加量,实现达标排放与运维费用降低。

参考文献:

- [1] 傅利, 郝家福, 安莹, 等. 工业园区废水深度处理技术研究现状[J]. 工业水处理, 2021, 41(6): 149-155.
- [2] 苗文凭, 刘青岩. 工业园区污水处理厂的设计特点[J]. 中国给水排水, 2016, 32(8): 44-46.

(下转第212页)

- [2] 温竹茵.盾构隧道预制内部结构与管片连接研究[J].城市道桥与防洪,2020(3):193-197.
- [3] PECK R B. Deep excavations and tunneling in soft ground [C]// Proceeding of 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Mexico City: State of the Art Report, 1969: 225-290.
- [4] 张运强,曹文贵,周苏华,等.基于 Peck 公式的盾构隧道施工引起的地层三维沉降预测[J].铁道科学与工程学报,2021,18(1):153-161.
- [5] 陈春来,赵城丽,魏纲,等.基于 Peck 公式的双线盾构引起的土体沉降预测[J].岩土力学,2014,35(8):2212-2218.
- [6] 宫亚峰,王博,魏海斌,等.基于 Peck 公式的双线盾构隧道地表沉降规律[J].吉林大学学报(工学版),2018,48(5):1411-1417.
- [7] CELESTINO T B, GOMES R, BORTOLUCCI A A. Errors in ground distortions due to settlement trough adjustment[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2000, 15(1):97-100.
- [8] VORSTER T E, KLAR A, SOGA K, *et al.* Estimating the effects of tunneling on existing pipelines[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2005, 131(11):1399-1410.
- [9] ATTEWELL P B, WOODMAN J P. Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunneling in soil[J]. Ground Engineering, 1982(11):13-22.
- [10] YOSHIKOSHI W, WATANABE O, TAKAGI N. Prediction of ground settlements associated with shield tunneling[J]. Soils and Foundations, 1978, 18(4):47-59.
- [11] SAGASETA C. Analysis of undrained soil deformation due to ground loss[J]. Geotechnique, 1987, 37(3):301-320.
- [12] 林存刚,刘干斌,吴世明,等.泥水盾构掘进引起的地面沉降——传统计算理论的评析与修正[J].土木工程学报,2015,48(4):111-123.
- [13] GHABOUSSI J, RANKEN R E, KARSHENAS M. Analysis of subsidence over soft ground tunnels [J]. Evaluation and Prediction of Subsidence, 1978, 10(2):182-196.
- [14] 朱牧原,魏力峰,方勇,等.超大直径盾构隧道下穿黄河大堤沉降分析与控制研究[J].现代隧道技术,2022,59(3):211-219.

(上接第 193 页)

- [3] 刘亮强,冯永山.含氟废水处理工艺综述[J].铜业工程,2022(2):114-117.
- [4] 王彩虹.浅谈含氟废水的来源及氟化物执行标准及深度除氟方法[J].皮革制作与环保科技,2023,4(3),16-18.
- [5] 鞠佳伟,高玉萍,何赞,等.pH 对铝盐絮凝剂形态分布于混凝除氟性能的影响[J].环境工程学报.2015,9(6):2563-2568.
- [6] 高洋,程洁红,戴界红.城镇污水处理厂 A₂O 工艺脱氮除磷潜力的研究[J].中国给水排水,2017,33(7):89-93.
- [7] 李宏斌,刘保成,李昌兵,等.杭州某城镇污水处理厂五段式 Bar-denpho 工艺调试运行[J].中国给水排水,2020,36(12):150-154.