

戴炜豪. 工业园区混合废水处理厂工程设计与探讨:以福建某化工废水处理厂为例[J]. 净水技术, 2024, 43(2):126-134.

DAI W H. Engineering design and discussion of a mixed WWTP in an industrial park: Case of a chemical industries WWTP in Fujian[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(2):126-134.

工业园区混合废水处理厂工程设计与探讨:以福建某化工废水处理厂为例

戴炜豪*

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司,上海 200092)

摘要 福建某工业园区污水处理厂二期设计规模为 2.0 万 m^3/d , 工业园内的废水主要为石化工业废水。经过对工业园废水水质等特点的充分分析, 该工程确定了“企业分类收集池+细格栅及曝气沉砂池+调节池(合建事故池)+水解酸化池+初沉池+生物反应池+二沉池+芬顿高级氧化+三沉池+反硝化深床滤池+加氯消毒”的工艺路线。该工程设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准, 污水厂部分概算工程费用为 27 906.73 万元。该项目结合先进工艺和精细化设计, 探讨了工业园区混合污水处理厂的部分设计要点, 为国内类似工业污水厂提供一定思路和案例参考。

关键词 废水处理厂 工业园区 化工废水 水解酸化 芬顿高级氧化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2024)02-0126-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.02.016

Engineering Design and Discussion of a Mixed WWTP in an Industrial Park: Case of a Chemical Industries WWTP in Fujian

DAI Weihao*

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract The treatment scale of phase II of wastewater treatment plant (WWTP) in an industrial park in Fujian province is 20 000 m^3/d . The wastewater in the industrial park is mainly chemical wastewater. The project fully analyzed the characteristics of industrial park wastewater quality and determined the process route of "classification collection pool + fine grid and aerated sand sink + regulation pool (joint construction of accident pool) + hydrolytic acidification + initial sedimentation tank + biological reaction tank + secondary sedimentation tank + Fenton advanced oxidation + triple sedimentation tank + denitrification deep bed filter + chlorination". The effluent quality shall comply with the first grade A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918—2002) and the project cost of the WWTP is 279.067 3 million yuan. The project combines advanced technology and fine design, discusses some key points of mixed sewage treatment plant in industrial park, and provides certain ideas and case reference for similar industrial WWTPs at home.

Keywords wastewater treatment plant (WWTP) industrial park chemical wastewater hydrolytic acidification Fenton advanced oxidation

根据石油化工废水处理相关行业分析报告, 2020 年中国石油化工行业废水处理量约为 67 亿 m^3 , 占工业废水全行业总处理量的 20%~25%。石化废水包含苯类、环己酮和醇类物质等有机污染物,

具有高 COD_{Cr} 、高氨氮以及可生化性差的水质特点。曾明等^[1]采用芬顿+二级生物处理+深度处理技术处理石化废水, 达到一级 A 排放标准; 曾祥专等^[2]采用生化+紫外芬顿法处理水性涂料生产废水, 可稳定达标; 史铁锤等^[3]采用水解酸化/膜生物反应器 (MBR) 工艺处理石化仓储企业废水, 可稳定达标。集中式污水处理设施即污水处理厂, 已成为我

[收稿日期] 2023-08-08

[通信作者] 戴炜豪(1991—), 男, 工程师, 从事排水工程设计工作, E-mail: daiweihao@smedi.com。

国绝大多数工业园区的标配^[4]。太湖流域某化工园区建设污水处理厂采用水解酸化、芬顿氧化等工艺对园区内的化工废水进行处理,出水水质稳定达标^[5]。

该项目的处理对象为福建某工业园区内的工业废水,其中主要为石化工业废水,约占全部废水处理量的60%,废水主要来源于环己酮装置、己内酰胺装置、硫酸装置、过氧化氢装置、甲醇制氢、煤制氢装置等生产污水,以及生活污水、冲洗水、初期污染雨水等,含有苯类、环己酮和醇类物质等有机污染物。该废水 COD_{Cr} 含量高、氨氮含量高、可生化性较差,需要采用高级氧化、水解酸化等工艺进行处理,且工业园区企业较多,废水来源较为复杂,需要在前端进行企业分类收集。本文结合预处理、水解酸化、生化处理、高级氧化、深度处理、消毒工艺和精细化设计,探讨了工业园区混合污水处理厂的部分设计要点,可为国内类似工业污水厂提供一定思路和案例参考。

1 园区水质特点及目标

1.1 园区污水厂进水水质

该项目位于福建省某工业园,园区内生产的产品包含己内酰胺、合成树脂、油漆涂料、油墨等。污

水处理对象主要为化工废水,以及少量区域内产生的生活污水。工业废水中还存在着一些毒性大、抑制生物降解的高浓度废水。相关企业的生产废水在经过各企业初步处理后,排放至园区污水处理厂。因此,需通过分析各企业出水水质,确定该污水处理厂的设计进水水质。

根据园区提供的《水污染物排放接收处理意向协议书》,园区污水处理厂二期工程共服务10家企业,分别隶属于石化工业、合成树脂工业和油墨工业,其中石化工业废水的含量约占全部废水处理量的60%。根据各家企业环评批复,石化工业企业的出水应达到《石油化学工业污染物排放标准》(GB 31571—2015)中间接排放的限值;合成树脂工业的污水排放应执行《合成树脂工业污染物排放标准》(GB 31572—2015)中的间接排放标准;油墨工业企业的污水排放执行《油墨工业水污染物排放标准》(GB 25463—2010)间接排放标准或《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的三级标准。将上述行业标准对比《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)、《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)及一期工程进水水质,如表1所示。

表1 排放标准及一期工程进水水质对比

Tab. 1 Comparison of Discharge Standards and Influent Water Quality of Phase I Project

控制项目	GB 8978—1996 三级标准	GB/T 31962—2015 B级标准	GB 31571—2015 间接排放标准	GB 31572—2015 间接排放标准	GB 25463—2010 间接排放标准	一期工程设计 进水水质
色度/倍	-	64	-	-	80	200
悬浮物/(mg·L ⁻¹)	400	400	-	-	100	150
溶解性固体/(mg·L ⁻¹)	-	2 000	-	-	-	6 000
石油类/(mg·L ⁻¹)	20	15	20	-	-	20
pH值	6~9	6.5~9.5	-	-	6~9	6~9
生化需氧量 (BOD ₅)/(mg·L ⁻¹)	300	350	-	-	50	B/C 不小于 0.15
化学需氧量 (COD _{Cr})/(mg·L ⁻¹)	500	500	-	-	300	350
氨氮/(mg·L ⁻¹)	-	45	-	-	25	40
总氮/(mg·L ⁻¹)	-	70	-	-	50	180
总磷/(mg·L ⁻¹)	-	8	-	-	2	4

该工程处理废水主要包含石化工业废水、合成树脂工业废水、油墨工业废水等。对于石化工业、合成树脂工业企业,由于GB 31571—2015和GB 31572—2015的间接排放标准在常规指标上没有规定,主要以GB 8978—1996及GB/T 31962—2015中

更严格的数值来确定。对于油墨工业企业,GB 25463—2010的间接排放标准对悬浮物、有机物、氮磷的要求比《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)更为严格。根据规定,当行业排放标准与《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)

及《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)矛盾时,优先执行行业排放标准。故油墨工业企业的出水悬浮物、 COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮、总氮、总磷按 GB 25463—2010 中的间接排放标准执行。同时参考一期工程的设计进水水质,一期工程设计进水水质对进水悬浮物、总磷、化学需氧量有更合格的限制,但对色度、溶解性固体指标、总氮、氨氮又过于宽松。因此,该项目设计进水水质在悬浮物和总磷指标上与一期工程保持一致。此外,结合现状实测水质,设计进水 COD_{Cr} 质量浓度沿用一期工程,取 350 mg/L ,而设计进水 BOD_5 质量浓度取 120 mg/L 。

综上,考虑各企业内部污水处理工艺、工艺运行稳定性及建议的接管标准,并参考国内类似园区污水处理厂设计水质,最终确定该项目的设计进水水质如表 2 所示。

表 2 设计水质取值

Tab. 2 Designed Water Quality Values of the Project

控制项目名称	某油墨工业企业	其余工业企业
	设计进水水质	设计进水水质
色度/倍	≤ 64	≤ 64
悬浮物/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 100	≤ 150
溶解性固体/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\leq 2\ 000$	$\leq 2\ 000$
石油类/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 15	≤ 15
pH 值	6~9	6~9
BOD_5 / $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 50	≤ 120
COD_{Cr} / $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 300	≤ 350
氨氮/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 25	≤ 45
总氮/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 50	≤ 70
总磷/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 2	≤ 4
粪大肠菌群/ $(\text{个}\cdot\text{L}^{-1})$	-	-
挥发酚/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 0.5	≤ 0.5
氟化物/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 20	≤ 20
可吸附有机卤化物/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	≤ 5.0	≤ 5.0
总钒/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.0	1.0
总铜/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.5	0.5
总锌/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	2.0	2.0
总铅/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.5	0.5
总镉/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.05	0.05
总砷/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.3	0.3
总镍/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.0	1.0
总汞/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.005	0.005
总铬/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.5	1.5
六价铬/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.5	0.5

1.2 工程建设规模

该工程为园区工业污水处理厂二期工程,主体部分设计规模为 $2.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,土建和设备一次性建成。部分构筑物考虑远期扩建容量,按 $3.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 设计。前序已建现状一期工程规模为 $1.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。

1.3 工程建设目标

根据环评批复,该工程的设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准及相关行业特征污染物排放标准。根据该工程的水质特点,该工程将重点聚焦难降解有机物、氮类污染物、SS 和 TP 等污染物指标。

该工程的污泥处理目标为污泥采用重力浓缩+板框脱水处理,含水率低于 60%,经污泥鉴定后外运处置。

该工程臭气控制标准按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的二级标准以及《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)执行。

2 工程设计方案

2.1 该项目污水处理的重点难点

该工程处理废水中,环己酮污水中含有苯类及环己酮等有机污染物;己内酰胺废水包含氨肟化废水、苯萃残液及离子交换废水;过氧化氢废水中含有较多的石油类和磷酸盐。难降解的特征污染物包括苯类、环己酮和醇类物质等有机污染物,废水的主要特点是高 COD_{Cr} 、高氨氮以及可生化性差。因此,该工程污水处理环节中的主要难点在于进水中存在较高的难降解有机物。

对于化工废水中溶解性难降解有机物,通过常规生物法难以达到出水要求,需要借助高级氧化工艺进一步去除。常规的高级氧化法有臭氧氧化、光催化氧化及芬顿氧化等,比选如下。

(1) 臭氧催化氧化法

臭氧氧化体系具有较高的氧化还原电位,能够氧化废水中的大部分有机污染物,被广泛应用于工业废水处理中。臭氧能氧化水中许多有机物,但臭氧与有机物的反应是有选择性的,而且不能将有机物彻底分解为 CO_2 和 H_2O ,臭氧氧化后的产物往往为羧酸类有机物。此外,臭氧的化学性质极不稳定,尤其在非纯水中,氧化分解速率以分钟计。

(2) 光催化氧化法

光催化氧化法是一种新兴技术,是在表面催化剂存在的条件下,利用一定波长的紫外光或可见光在常温高压下催化氧化废水中的有机污染物,使有机物氧化降解的反应过程。在光催化过程中, TiO₂ 是目前使用最广泛的半导体催化剂,受光辐射的 TiO₂ 微粒可使水持续发生氧化还原反应并产生氢气,其产生的强氧化性活性自由基能够氧化去除水中绝大多数有机污染物。光催化氧化法常被用于处理自来水,处理后水中有机污染物的浓度、水的 UV₂₅₄ 值和 COD 都大大降低,但在污水复杂环境中的处理应用案例较少。

(3) 芬顿氧化法

芬顿氧化法在常温常压下对难生物降解废水、有毒废水和生物抑制性废水有着稳定、有效的去除功能,其利用反应过程中产生大量的羟基自由基,来氧化分解水中的有机物。芬顿氧化法一般在 pH 值为 2~5 的条件下进行,该方法优点是过氧化氢分解速度快,因而氧化速率也较高。在经过芬顿氧化法后,污水呈酸性,故在后续再串联设置氧化池,并投加药剂实现中和。

该工程的一期工程采用芬顿氧化法去除难降解有机物,去除效果良好。针对该工程企业废水的相关小试处理数据如表 3 所示。

表 3 芬顿法处理园区化工废水试验数据

Tab. 3 Experimental Data of Fenton Process Treatment of Chemical Wastewater in Industrial Park

水样	原水 COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	原水 pH 值	FeSO ₄ ·7H ₂ O 加药量 / (kg·m ⁻³)	H ₂ O ₂ 加药量 / (L·m ⁻³)	出水 COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)
化工企业废水	17	7.1	0.9	0.25	43.6
	117	7.1	1.2	0.35	40.2
油漆企业废水	103	7.5	0.9	0.25	36.8
	103	7.5	1.2	0.35	27.1

由表 3 可知,采用芬顿法可以将出水 COD_{Cr} 质量浓度控制在 50 mg/L 以下,达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 的标准,且 COD_{Cr} 去除率在 60% 以上。根据上述小试结果以及一期工程的运行经验,采用芬顿高级氧化可显著去除难降解污染物。因此,该工程设置芬顿塔及芬顿高级氧化池作为深度处理工艺,以去除生化段未去除的难降解有机物。

此外,该工程在生化池前设置水解酸化池,通过微生物的水解酸化作用将污水中难降解的有机物转为易于生化降解的中间体,提高污水的可生化性。将废水中的不溶性有机物水解为可溶性物质,将大分子难生物降解的物质转化为易于生物降解的物质(如有机酸类),改善污水的可生化性,为后续的好氧生物处理创造条件,同时色度物质得到部分有效去除。

2.2 工艺流程

针对该项目废水特性,在常规处理工艺上作了强化,各处理环节采用的主要工艺方案有以下内容。

(1) 预处理段:采用细格栅及旋流沉砂池+气浮(某油墨企业废水)+水解酸化+混凝沉淀。

(2) 二级处理段:采用厌氧+两级缺氧-好氧(AO)生物反应池+二沉池。

(3) 深度处理段:采用芬顿高级氧化+三沉池+反硝化深床滤池。

(4) 消毒工艺:采用次氯酸钠消毒。

(5) 污泥处理工艺:采用重力浓缩+板框脱水工艺。

(6) 除臭工艺:采用生物除臭工艺。

污水、污泥的工艺流程如图 1 和图 2 所示。

根据该工程设计进出水水质,确定主要工艺构筑物的设计进出水水质及设计去除率如表 4 所示,另外,接触消毒池起消毒作用,使粪大肠杆菌指标达标。

2.3 处理单元工艺设计

(1) 企业废水分类收集池

设置企业废水分类收集池 1 座,对 10 家企业进来的废水进行单独采样及监测。每家企业均为单管输送至收集池,分格检测后,判断进厂废水是否达到设计进水水质标准要求。若超标则切换废水至事故应急池暂存,若合格则进入预处理构筑物。

(2) 调节池

调节池及事故应急池合建,调节池可对进厂

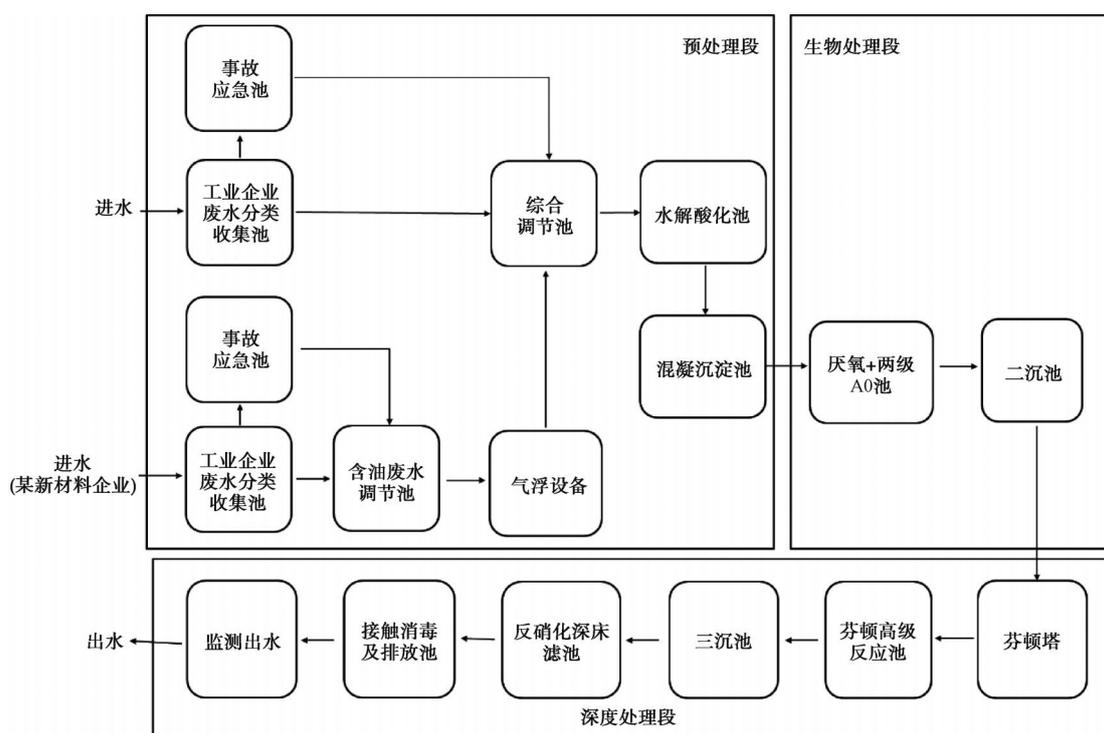


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Process Flow of Wastewater Treatment

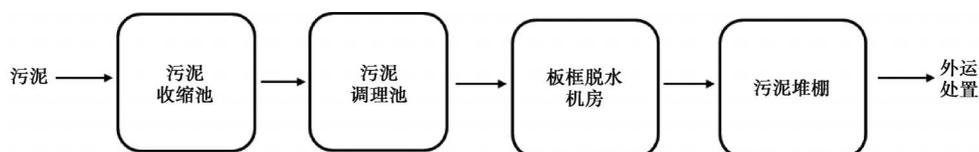


图 2 污泥处置工艺流程图

Fig. 2 Disposal Flow of Sludge Treatment

废水进行水量和水质的调节,设计停留时间为 12 h。

(3) 事故应急池

事故应急池与调节池合建,对非正常工况的废水进行临时储存,设计停留时间为 12 h,具体作用为:

①该工程进水水质波动较大,当企业废水分类收集池采集的进水数据显示来水水质超过保证率时,关闭池内的进水堰门,并启动位于进水管上的超越阀,将进水切换排入事故池;

②若来水出现重金属等特殊污染物超标时,将来水溢流进入事故调节池;

③拟将二期事故池与一期现状事故池联通,增加全厂对于事故工况的应对能力。

(4) 含油废水调节池及气浮设备

对某油墨企业的含油废水的水质水量起到调节

作用,并设置气浮设备去除水中含油物质,减少后续处理构筑物的负荷。

(5) 水解酸化池设置 1 座水解酸化池,分为 2 组,每组可单独运行。水解酸化池池型选择的成功与否直接影响其处理效果。上流式污泥床水解酸化池具有耐冲击负荷高、适应水量水质变化大、处理效果稳定可靠、维护管理方便等优点,该工程水解酸化工艺推荐采用上流式水解酸化池的工艺,设计水力停留时间为 24 h,有效水深为 9 m,池内设置纤维填料。

(6) 混凝沉淀池

设置混凝沉淀池 1 座。配合水解酸化池使用,同时该沉淀池可作为重金属超标事故水的应急处理设施,可发挥重要作用,设置聚合氯化铝投加点。

表 4 主要工艺构筑物设计进出水水质及设计去除率
Tab. 4 Designed Influent and Effluent Quality and Removal Rate of Main Process Structures

构筑物	项目	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	总氮	总磷	SS
细格栅沉砂池	进水/(mg·L ⁻¹)	350	120	45	70	4.0	150
	出水/(mg·L ⁻¹)	315	108	45	70	3.6	100
	去除率	10%	10%	0	0	10%	33%
水解酸化池	进水/(mg·L ⁻¹)	315	108	45	70	3.6	100
	出水/(mg·L ⁻¹)	252	130	45	70	3.6	100
	去除率	20%	/	0	0	0	0
混凝沉淀池	进水/(mg·L ⁻¹)	252	130	45	70	3.6	100
	出水/(mg·L ⁻¹)	220	110	45	70	3.6	100
	去除率	13%	15%	0	0	0	0
厌氧+两级 AO 及二沉池	进水/(mg·L ⁻¹)	220	110	45	70	3.6	100
	出水/(mg·L ⁻¹)	100	20	5	20	3.0	30
	去除率	55%	82%	89%	71%	17%	70%
芬顿反应池及三沉池	进水/(mg·L ⁻¹)	100	20	5	20	3.0	30
	出水/(mg·L ⁻¹)	50	10	5	20	0.5	15
	去除率	50%	50%	0	0	83%	50%
反硝化深床滤池	进水/(mg·L ⁻¹)	50	10	5	20	0.5	15
	出水/(mg·L ⁻¹)	50	10	5	15	0.5	10
	去除率	0	0	0	25%	0	33%

(7) 厌氧+两级 AO 生物反应池

设置 1 座生物反应池,分为 2 组,每组可单独运行。通过厌氧/缺氧/好氧对污水中大部分有机物、氨氮和总磷进行去除。在生物反应池中营造厌氧、缺氧、好氧环境,利用生物反应池中大量繁殖的活性污泥,降解水中污染物,以达到净化水质的目的。生物反应池的主要设计参数如表 5 所示。

表 5 生物反应池主要设计参数

Tab. 5 Main Designed Parameters of Biological Reaction Tank

设计参数	数值
污泥浓度/(g·L ⁻¹)	3.5
厌氧停留时间/h	2.8
一级缺氧停留时间/h	5.9
一级好氧停留时间/h	11.7
二级缺氧停留时间/h	5.9
二级好氧停留时间/h	11.7
总停留时间/h	38
外回流比	100%
内回流比	300%

(8) 芬顿塔及芬顿高级氧化池

该工程通过芬顿氧化去除部分难降解有机物,并分解污水中部分大分子有机物。芬顿塔及芬顿高级氧化池具体包含的设备有芬顿催化氧化反应器。设备尺寸 $D \times H$ 为 $\varphi 3\ 200\ \text{mm} \times 10\ 000\ \text{mm}$;材质为 316 L 不锈钢,内衬防腐,设备成套提供。

(9) 三沉池

设置 2 座三沉池,对芬顿塔及芬顿高级氧化池进行固液分离。采用圆形钢混结构,中进周出式,直径为 28 m,池边水深为 4.05 m,高峰表面负荷为 $0.88\ \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

(10) 鼓风机房

鼓风机房可为生物反应池及芬顿高级氧化池提供氧气,保证生物系统及高级氧化环节正常运行。采用磁悬浮鼓风机,曝气鼓风机设置 3 台,2 用 1 备,流量为 $56\ \text{m}^3/\text{min}$,扬程为 8.3 m,功率为 135 kW;芬顿用鼓风机设置 2 台,1 用 1 备,流量为 $30\ \text{m}^3/\text{min}$,扬程为 7.3 m,功率为 55 kW。

(11) 储罐区

储存芬顿用双氧水、液碱(NaOH)和浓硫酸等化学药剂,采用地上式卧式储罐,并配套设置相关药剂的卸料泵及投加泵。

(12) 综合加药间

投加 FeSO_4 至芬顿塔及芬顿高级氧化池;投碳源至反硝化生物滤池进水端或生物反应池缺氧区;投加聚丙烯酰胺至芬顿塔及污泥调理池。

(13) 废水泵房

将厂区构筑物放空水等厂区污水提升后排入厂区调节池。配置2台废水泵房潜污泵,单台流量为100 L/s,扬程为10 m,功率为15 kW。

(14) 污泥处理单元

该工程污泥主要包括生物反应池污泥、芬顿产生的化学污泥、水解酸化池污泥以及初沉池产生的初沉污泥。根据计算,该工程产生的设计污泥量约13 t DS/d。污泥依次经污泥浓缩池、污泥调理池和板框脱水机处理,达到60%的含水率。污泥浓缩池采用2座20 m直径的重力浓缩池。污泥浓缩池设置1座2组,投加铁盐及聚丙烯酰胺乳液。板框机房内设置3台板框脱水机,2用1备,过滤面积 $\geq 800 \text{ m}^2$,滤板尺寸为2 m \times 2 m。

2.4 工程投资及运行成本

该工程概算总投资为39 929.83万元,工程费用为33 657.66万元,其中污水厂部分工程费为27 906.73万元,另包含厂外管网工程费用为5 750.92万元。单位经营成本为6.75元。

3 设计要点探讨

1) 防止水解酸化池淤堵、板结,设置反冲洗等设计措施。

为防止水解酸化池发生可能存在的填料板结现象,该工程主要着重从以下几个方面进行细化设计:(1)按规范要求控制水解酸化池的进水管、排泥管以及进水孔口流速,防止流速过低造成的板结;(2)对水解酸化池的进水管及排泥管设置冲洗系统,通过冲洗防止进水管及排泥管发生淤堵。

2) 与一期事故池互联互通,实现事故工况进一步保障。

二期工程新建事故池1座,设计停留时间为12 h。根据园区相关要求,为进一步增加事故工况的环境保障,将一期已建事故池与二期事故池联通,

实现了事故工况的“双保险”,进一步增加了污水厂应对事故工况的可靠性。

3) 采用厌氧+两级AO污水处理工艺,增强生反池防冲击及稳定运行能力。

该项目为工业污水,水质水量波动均较常规市政污水厂更大。因此,在生物处理段,采用耐冲击效果较好的厌氧+两级AO污水处理工艺。根据工业园区水质水量的变化特点,简便灵活调整运行模式。在提高处理效果的基础上,保证工艺可靠性,特别是解决水质处于低碳、高氮、高磷时的出水水质达标。

4) 采用芬顿高级氧化作为深度处理工艺,兼顾高级氧化的处理稳定性及经济性。

该污水处理厂一期工程将芬顿氧化工艺作为预处理工序,设置于生物反应池前端,实际运行过程存在一定问题。一方面,药剂消耗量过大,尤其是浓硫酸本身属于危险品,管制严格,因消耗量大,进货及储存等环节给现场运行带来了较大麻烦。另一方面,芬顿氧化作为预处理产生的化学污泥较多。因此,该工程将芬顿高级氧化工艺设置于深度处理段,可在深度去除污染物的同时,减少药耗及污泥量的产生。

5) 优化竖向高程设计,降低工程投资及施工风险。

该项目废水由各企业压力提升输送,区别于城镇市政污水厂,如果设置进水泵房会导致水力高程上的浪费。因此,该工程充分利用各企业来水的水力高程,经过工业企业分类收集池、细格栅及旋流沉砂池以及调节池后,再从调节池提升至下游处理构筑物。高程设计上,通过整体统筹优化设计,尽量将构筑物的埋深控制在5 m以内,减少基坑工程投资并降低施工风险^[6-7]。

4 化工园区污水处理厂的特点及设计对策

1) 进水水质组分较复杂,进水分企业单独测定,实现第一时间溯源排查。

化工园区进水水质组分较为复杂,不同企业的出水水质也存在差异。排入园区公共污水处理厂后,需要单独测定,以明确来水是否满足企业的排放标准。因此,建议在污水厂内的第一个构筑物设置工业废水企业收集池。该收集池按“一企一管”的原则设置,企业各自对应进水分类池,并在每一格进水收集池内设置自动采样器。如发现进水水质超

标,可第一时间溯源对应企业。一方面,将相关企业的进水单独接至事故池;另一方面,可追踪相关企业排查问题,暂时停止进水,以防对污水厂生物处理系统发生冲击。

2) 设置事故池,保障化工园区污水厂安全。

化工园区污水处理厂的进水水质波动较大,当来水水质超过设计处理能力,或出现重金属等特殊污染物进入污水厂时,需将进水切换排入事故池。因此,与常规市政污水处理厂相比,化工园区污水处理厂必须设置事故池。此外,可将污水厂内的不同事故池联通,以增加全厂对于事故工况的应对能力。

3) 防火及防爆设计,保障工业污水厂安全。

工业污水厂与城镇市政污水厂相比,使用的部分化学药剂需考虑防火、防爆。例如过氧化氢需要考虑防火、防爆设计,其与周边道路间的距离以及卸料泵等设施的距离,均须满足《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)(2018年版)中的相关要求。

4) 污泥成分较复杂,经鉴定后确定污泥出路。

化工污水厂的污泥因涉及化工废水,需通过污泥鉴定,若属于一般性固废,则可以按照一般性固废进行处置,若属于危险废物,则应严格按照危险废物处置要求进行安全处置。一期工程的污泥处置方式为建筑材料回收利用。二期工程的污泥需进行鉴定,根据鉴定结果:如果是危险废物,按照相关规定的处置方式处置;如果是普通废物,建议同一期工程保持一致,作为建筑材料回收利用。

5 结论

本文针对园区化工工业废水的水质特点,经充分研究并结合相关试验结果,采用“企业分类收集池+细格栅及曝气沉砂池+调节池(合建事故池)+水解酸化池+初沉池+生物反应池+二沉池+芬顿高级氧化+三沉池+反硝化深床滤池+加氯消毒”作为主体工艺,可以保持出水有效且稳定达标。

根据工程特点,本文分析探讨了以下设计要点:

1) 防止水解酸化池淤堵、板结,设置反冲洗等设计措施;2) 将事故池与一期已建工程互联互通,增加事故工况的安全性;3) 采用厌氧+两级AO污水处理工艺,增强生物反应池防冲击及稳定运行能力;4) 将芬顿高级氧化作为深度处理工艺,实现难降解有机物的进一步去除,并尽量减少了药耗及污泥量;5) 巧妙利用各家企业排水的水力高程,现状地形需

求进行竖向设计,节约了埋设和工程投资。

本文总结了化工园区污水处理厂的以下特点及设计对策:1) 进水水质组分较复杂,进水分企业单独测定,实现第一时间溯源排查;2) 设置事故池,保障化工园区污水厂安全;3) 防火及防爆设计,保障工业污水厂安全;4) 污泥成分较复杂,经鉴定后确定污泥出路。

该项目以福建某化工废水污水处理厂为例,结合先进工艺和精细化设计,探讨了工业园区混合污水处理厂的部分设计要点,为国内类似工业污水厂提供一定思路和案例参考。

参考文献

- [1] 曾明,孟繁欣,韩爱龙,等.微电解-芬顿-AAO-臭氧催化氧化-活性炭吸附工艺处理化工园区综合废水的中试研究[J].给水排水,2021,47(4):87-92.
ZENG M, MENG F X, HAN A L, et al. Pilot study on the treatment of comprehensive wastewater in chemical industry park by microelectrolysis-Fenton-AAO-ozone-catalyticoxidation-activated carbon adsorption[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(4): 87-92.
- [2] 曾祥专,冯建樑,李宝宏,等.SBR生化-紫外芬顿法处理水性涂料生产废水研究[J].涂料工业,2022,52(10):43-47.
ZENG X Z, FENG J L, LI B H, et al. Study on treatment of wastewater from waterborne coating production by SBR biochemical-UV Fenton process[J]. Paint & Coatings Industry, 2022, 52(10): 43-47.
- [3] 史铁锤,唐全,李学金,等.水解酸化/MBR工艺处理石化仓储企业废水[J].中国给水排水,2017,33(18):59-62.
SHI T C, TANG Q, LI X J, et al. Treatment of wastewater from petrochemical warehousing enterprises via hydrolytic acidification/MBR[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(18): 59-62.
- [4] 徐俊,张荣社,谢丽,等.工业园区污水处理厂的执行标准与排放模式分析[J].中国给水排水,2021,37(20):16-21.
XU J, ZHANG R S, XIE L, et al. Analysis on implementation standard and discharge mode of industrial park wastewater treatment plants[J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(20): 16-21.
- [5] 胡邦,杨艳坤,张鑫,等.化工园区工业污水“分类分质”处理工艺系统设计[J].中国给水排水,2023,39(6):66-70.
HU B, YANG Y K, ZHANG X, et al. Design of industrial wastewater treatment system in chemical industrial park based on classification and quality[J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(6): 66-70.
- [6] 沙超.污水处理厂优于一级A提标改造工程设计案例——以深圳某污水处理厂为例[J].净水技术,2021,40(4):

127-132.

SHA C. Engineering design and discussion of a WWTP quasi-IV water standard upgrading and reconstruction project in Shenzhen [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(4): 127-132.

[7] 陈谷. 小孤山再生水厂工程设计案例与探讨[J]. 净水技术,

2018, 37(7): 4-9.

CHEN G. Engineering design case and discussion on project of Xiaogushan reclaimed water treatment plant [J]. Water Purification Technology, 2018, 37(7): 4-9.

(上接第6页)

式,计算间隔宜根据监测数据采集频率和预报时效需求设置,降雨期间不宜超过 30 min。宜建立汛后模型效果评估、汛前模型更新维护机制,不断提高内涝预报模型精度与成效。目前,上海市中心城部分地区已开展了实时预报预警工作,并在防汛演练和会商中提前发布积水深度、范围和历时,较好支持了“四预”工作。

6.4 运行调度方案

应利用模型为排水运行调度提供技术支撑,对管网、泵站、调蓄池、污水厂等设施的运行情况进行评估,对运行方案进行优化,提高厂站网一体化联动调度能力,实现平稳运行、均化水量、节能降耗和放江污染削减等多重目标。模型成果应与运行监管等平台相融,近期应具备模型情景展示和实时监测数据展示功能,远期宜具备实时模型计算与动态预警预报功能。应建立模型定期更新维护机制,更新维护周期不宜超过 12 个月,宜建立模型库与 GIS 数据库间的数据规范更新机制。

7 结语

《排水系统数学模型构建及应用标准》针对上海市城镇排水的规划、设计、运行、维护、调度、评估和管理,以及内涝防治与水环境治理等过程中涉及的排水系统数学模型的构建和应用,系统提出全流程构建与运行维护的技术要求,贯穿“绿、灰、蓝、管”各环节,特别是对厂站网一体化运行管理与智能调度、水污染治理防控、实时防汛预警等应用领域进行了规范。目前,上海市已按照《关于开展排水系统“厂、站、网”一体化运行监管平台建设的实施意见》和《排水系统数学模型构建及应用标准》要求,在中心城开展了石洞口、竹园、白龙港三大片区

雨污水模型的构建和审核工作。《排水系统数学模型构建及应用标准》总结提炼的规范经验,可为其他地区和城市排水模型构建和应用工作提供参考依据。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局. 室外排水设计标准: GB 50014—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. Standard for design of outdoor wastewater engineering: GB 50014—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城镇内涝防治技术规范: GB 51222—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, China National Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Technical code for urban flooding prevention and control: GB 51222—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [3] 上海市质量技术监督局. 暴雨强度公式与设计雨型标准: DB 31/T 1043—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
Shanghai Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision. Standard of rainstorm intensity formula and design rainstorm distribution: DB 31/T 1043—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [4] 上海市市场监督管理局. 治涝标准: DB 31/T 1121—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
Shanghai Municipal Commission of Market Regulation. Standard for waterlogging control: DB 31/T 1121—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.