DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260598

嘉定新城污水处理厂三期扩建工程设计

姚枝良
[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘　要： 随着城市和工业的发展,现状污水处理厂的扩建面临用地受限、进水水质复杂及无法停产建设的普遍性问题。嘉定新城污水处理厂三期扩建工程的设计在充分分析现状厂区设施及进水水质特点的基础上,提出了以“改良型AAO+MBBR悬浮填料工艺+磁混凝高效沉淀池+精密过滤”为核心的组合工艺方案。通过提升生物系统效能与抗冲击负荷能力,应对工业水干扰,并实现与现有处理设施的系统性整合,完成扩建并达标排放。为类似已建污水处理厂扩建设计提供技术参考。

关键词： 污水处理厂;扩建;MBBR;磁混凝高效沉淀池
中图分类号： TU992　　**文献标志码：** B　　**文章编号：** 1009-7716(2026)11-0294-05

Design of Phase III Expansion Project of Jiading New Town Wastewater Treatment Plant

YAO Zhiliang
[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: With the development of cities and industries, the expansion of existing wastewater treatment plants (WWTPs) faces common issues such as limited land availability, complex influent water quality, and the inability to suspend production for construction. The design of the Jiading New Town Wastewater Treatment Plant Phase III Expansion Project is based on a thorough analysis on the current plant facilities and the characteristics of the influent water quality. And a combined process scheme centered around “modified AAO + MBBR suspended packing process + magnetic coagulation high-efficiency sedimentation tank + precision filtration” is proposed. By enhancing the efficiency of the biological system and its ability to resist shock loads, the interference of industrial water is addressed and the systematic integration with existing treatment facilities is achieved to complete the expansion and meet the discharge standards, providing technical references for the expansion design of similar existing WWTPs.

Keywords: wastewater treatment plant (WWTP); expansion; MBBR; magnetic coagulation high-efficiency sedimentation tank

0　引　言

嘉定新城污水处理厂规划总处理规模为20万m^3/d,经过一期、二期及提标改造工程后,处理规模为10万m^3/d,出水标准优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A标准(其中氨氮和总磷执行地表水Ⅳ类水标准)。污水生物处理主体工艺采用A/A/O工艺,深度处理采用曝气生物滤池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+消毒工艺,污泥处理采用低温真空脱水干化工艺,干化后污泥含水率为30%。

近年来随着经济的发展,嘉定新城污水厂现状已满负荷运行。随着嘉定新城污水厂服务范围内新增工业企业的入驻,水量有了进一步的增长,为确保片区的水环境安全,创造良好的招商引资环境,亟需对嘉定新城污水处理厂进行扩建。

收稿日期：2026-05-28
作者简介：姚枝良(1981—),男,硕士,高级工程师,从事排水工程设计与咨询工作。

1　污水处理厂现状概况

1.1　现状处理情况及工艺介绍

嘉定新城污水厂2018年1月至2021年12月的进水量在4.4~13.4万m^3/d之间,污水量整体呈现为逐年增加的趋势。

嘉定新城污水厂2018—2021年的月平均进出水水质见表1,其实测出水水质已优于一级A标准。

污水厂现状工艺流程见图1。

表 1　新城污水厂现进出水水质表　　单位：mg/L

指标	COD_{cr}	BOD	SS	NH_3-N	TN	TP
提标工程设计水质	500	220	380	40	55	12
设计出水水质	50.0	10.0	10.0	1.5(3.0)	15	0.3
实际出水范围	4~49	2~10	1.0~10.0	0.02~2.96	3.24~14.9	0.02~0.29
实际出水平均值	24.25	5.55	3.75	0.24	9.94	0.1

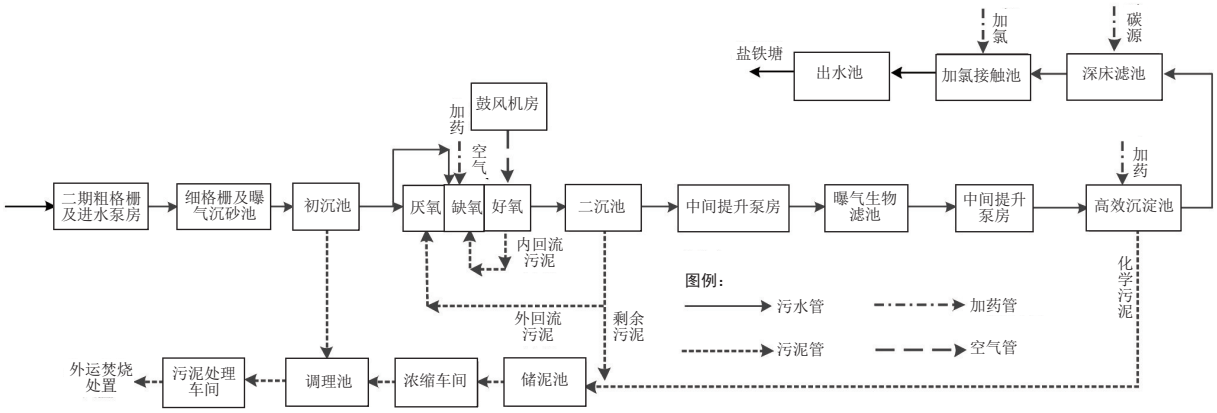


图 1　嘉定新城污水厂现状工艺流程

1.2　原有设施运行状况分析

结合调研分析，新城污水厂内预留部分扩建用地，已建设施除进水泵房和出水管按远期 20 万 m^3/d 建设外，其余均未考虑远期规模。原有处理设施大部分运行良好，出水指标能够稳定达标。其中 CODcr、TP 等进水指标高于上海市常规城市污水处理厂，项目进水具有一定工业污水的特点，水质有一定的波动。汛期水质浓度比非汛期更低，厂外管网存在外水入渗和雨污混接等情况。考虑相关引进的企业建成后，服务范围内工业废水比例较高，对污水厂正常运行可能产生较大的冲击负荷，在三期扩建工程中应充分考虑项目进水特点。

1.3　三期扩建工程设计水质

根据《嘉定区污水系统及污泥处理处置专业规划》，以及嘉定新城污水厂的实际运行情况，本次三期工程的设计规模为 10 万 m^3/d，设备近期按 7.5 万 m^3/d 配置，出水仍按一级 A 标准（其中氨氮和总磷执行地表水 IV 类水标准）。本项目进出水水质指标见表 2。

表 2　三期扩建工程进出水水质表　　单位：mg/L

指标	COD_{cr}	BOD_5	SS	NH_3-N	TN	TP
进水	380	140	230	35	45	12
出水	50.0	10.0	10.0	1.5(3.0)	15	0.3

注：括号内的数值为经验值。

1.4　三期扩建工程设计原则

（1）结合现状已建工程用地使用情况，统筹布置、功能分区合理、运维方便；

（2）处理工艺技术可靠、高效节能、效果稳定、节约用地[1]；

（3）污水处理工艺对片区工业水具有一定的适用性；

（4）充分考虑与已建设施的协同，提升污水厂的运行安全性；

（5）充分考虑对现有设施的影响，建设过程不影响污水厂正常运行。

2　污水处理厂三期扩建工程设计

2.1　污水处理工艺选择

通过对嘉定新城污水厂进出水水质的分析，进水的 $BOD_5/COD=0.37$，可生化性较好。BOD_5/TN 的值为 3.1，BOD_5/TP 的值为 11.67，比值均较高，故本工程主体工艺宜采用具有脱氮除磷功能的活性污泥法。本工程拟采用一种改良型的 AAO 工艺。主体上采用五段 AAOAO，其中在主好氧段投加 MBBR 填料，降低整个反应池的占地，以满足现场的用地条件。考虑到本工程含有工业水的特点，生反池厌氧区的停留时间适当增加，降低负荷。在主好氧区投加 MBBR 填料，实现悬浮活性污泥+生物膜法协同处理，投加 MBBR 填料的好氧区污泥龄更长，微生物种群的丰度得以提升[2]，同时局部存在好氧、缺氧微环境[3]，有利于其对于恶劣水质条件下微生物的筛选与富集，以应对工业废水的特点[4]。在后置缺氧段同时设置曝气器，通过切换可作为好氧区运行，提升系统的适应性和灵活性，同时在缺氧区设置外加碳源系统，以保证脱氮反应的碳源需求。

深度处理拟采用混凝沉淀+过滤的处理工艺，混凝沉淀采用磁混凝高效沉淀池，通过在高效沉淀池投加磁粉介质，提升沉降效果[5]，以应对工业水的干扰[6]，同时降低占地面积、降低除磷工艺的药耗。过滤采用金属滤网的精密过滤器，保障出水SS的去除效果[7]。

污泥处理拟采用低温带式干化工艺，储泥池的污泥经离心机将含水率处理到80%后，进入低温带式干化设备，经干化处理后的污泥含水率不大于40%，通过刮板输送机输送至污泥料仓，外运处置。

三期扩建工程的总体工艺流程见图2。

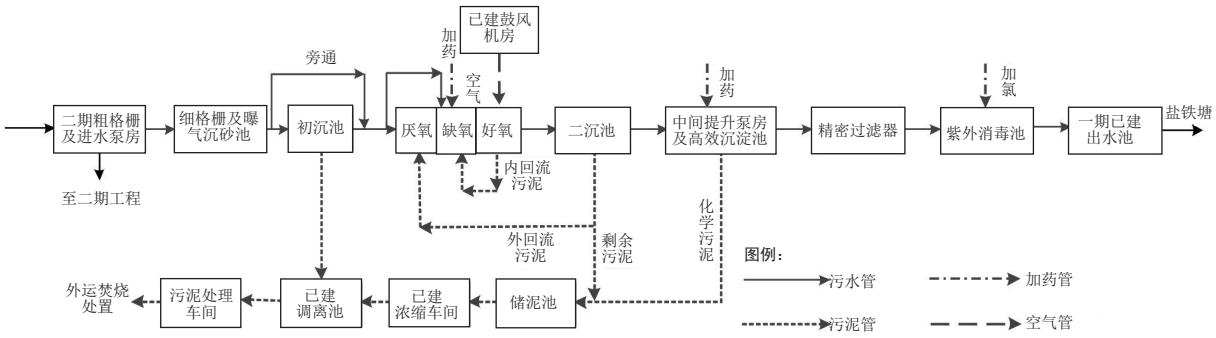


图2　嘉定新城污水厂三期扩建工艺流程

根据确定的工艺流程，对现状建构筑物效能进行了充分的分析。其中进水泵房、鼓风机房、加氯间、加药间等部分可通过改造和增加设备满足三期扩建的需要，其余主要处理设施为新建。

2.2　预处理工艺设计

2.2.1　粗格栅及进水泵房改造

已建二期粗格栅及进水泵房土建规模15万m^3/d，现状设备安装规模为5.0万m^3/d，已预留三期的设备安装位置。本次新增2台回转式格栅除污机，栅条间隙：20 mm，过栅流速：0.6 m/s。同时新增4台水泵，满足近期扩建7.5万m^3/d的处理能力。

2.2.2　3#细格栅及曝气沉砂池

现状一二期已建有2座细格栅沉砂池，分别为5万m^3/d，本次三期新建一座，规模为10万m^3/d，考虑到设备的备用，沉砂池设备按10万m^3/d配置。

细格栅对污水中的杂物进一步拦截，保护后续工艺设备正常运行，为了加强对纤维状杂物的拦截，本次采用回转式网板格栅除污机，孔径5 mm，并配套设置冲洗系统。

本工程沉砂池与一二期一致，仍采用曝气沉砂池，主要去除污水中大于0.2 mm的砂粒[8]，停留时间5 min，排砂采用水平排砂螺杆，避免传统吸砂机排砂不彻底的弊端。同时砂水分离采用先进的洗砂分砂一体机，将砂水高效分离的同时，可以同步进行洗砂，将砂表面的有机物分离出来，再进入厂区污水系统，增加污水中的有机物，作为碳源用于后续生物反应池的脱氮处理，同时清洗的砂石为清洁砂，也便于后续的分类处置。

同时为提高运行安全性，对二期和三期沉砂池的出口设置联通，并采用闸门控制，可根据二三期后续设施运行检修情况，灵活切换。

2.2.3　初沉池

本工程新建初沉池一座，分4组，本次安装3组设备，土建规模10万m^3/d，设备安装规模7.5万m^3/d，设计水力停留时间0.6 h。为节约用地，拟采用平流式初沉池，并与生反池、二沉池合建。排泥设备采用非金属链板式刮泥机，初沉池的表面负荷为6.5 $m^3/(m^2\cdot h)$。

2.2.4　生物反应池

新建改良AAO生物反应池1座4组，土建规模10万m^3/d（设备安装规模7.5万m^3/d），有效水深8.5 m。为满足全厂30%绿化指标要求，需在生反池池顶设置池顶绿化。经过初沉池的污水和外回流污泥首先进入厌氧段，此阶段聚磷菌进行释磷后污水进入缺氧段[9]，好氧区的混合液也回流至缺氧段，同时生反池部分进水也直接进入缺氧段，以补充反硝化所需碳源，经过反硝化作用后，污水进入好氧段，受外部水质情况影响，本工程延长厌缺氧区的停留时间，同时拟采用悬浮活性污泥+生物膜法协同处理，本工程将一部分好氧段作为MBBR填料区，在降低反应池停留时间的同时，提高生反池的效率[10]，投加填料约2 600 m^3。

硝化段污泥负荷：0.093 kgBOD_5/kgMLSS/d，峰值流量总停留时间15.2 h，其中厌氧区2 h，缺氧区7.8 h，好氧区5.4 h，气水比为5.3∶1。为实现智慧化控制，本工程设置智能调流闸，用于控制和实时计量

进水和回流污泥。同时设置精确曝气控制系统，通过线性空气调节阀门，对各段反应区的气量进行精准调配，通过上述措施在满足生反池正常需气量的基础上，降低鼓风机的运行能耗。

2.2.5　二沉池

新建二沉池 1 座，规模为 10 万 m^3/d，设备安装规模 7.5 万 m^3/d。高峰表面负荷为 1.17 $m^3/(m^2\cdot h)$，高峰固体负荷为 156 kgSS/(m^2·h)，外回流比为 100%，沉淀时间为 3.42 h。

2.3　深度处理工艺设计

本工程深度处理中采用混凝沉淀+过滤的工艺。二沉池的出水先进入中间提升泵房，提升后进入高效沉淀池混合絮凝后，再进入沉淀区进行泥水分离[11]，出水进入过滤器过滤后通过紫外消毒，达标后接入已建出水管外排。

2.3.1　提升泵房及高效沉淀池

本工程新建中间提升泵房和高效沉淀池 1 座，二沉池出水经提升泵提升后，依次进入后续的高校沉淀池和滤池。提升泵房与高效沉淀池合建，节约用地。设潜水离心泵 4 套，近期 3 用 1 备，采用变频控制，远期增加 1 台。

为提升高效沉淀池的处理效果，应对服务范围内工业水可能存在的冲击负荷，同时节约药耗等方面的考虑[12]，本工程采用磁混凝高效沉淀池。

高效沉淀池 1 座 4 组，近期安装 3 组，设混合区、磁粉加载区、絮凝区及沉淀区。沉淀区设中心传动浓缩刮泥机，刮泥机直径为 10.5 m。沉淀区表面负荷为 15 $m^3/m^2\cdot h$（峰值）。

本次工程在一二期中间提升泵房出水处增设一根管道接到三期高效沉淀池前端，在应急情况下，可将一二期生化系统后的污水接到三期深度处理设施进行处理，以提升全厂运行的安全性和灵活性。

2.3.2　精密过滤器

本工程新建过滤器池 1 座，内设 6 组精密过滤器，并预留 2 组机位。过滤孔径 10 μm，高峰滤速：7.2 m/h。

污水从滤网经过时，污水中的悬浮颗粒就被不锈钢滤网拦截，形成一层污泥层。滤后水通过滤网直接排出[13]。污泥层逐渐增加会增大设备的水头损失，造成过滤器内液位升高，达到设定值后自动进行反冲洗。利用滤后水逆向冲洗，冲掉滤网表面的污泥层，使滤网恢复过滤能力，冲洗的废水最终通过设备自带的污泥泵外排[14]。

2.3.3　紫外消毒池

新建紫外消毒池 1 座 3 组，土建规模 10 万 m^3/d，设备安装规模 7.5 万 m^3/d，本次安装 2 组设备，预留 1 组，远期安装 2.5 万 m^3/d 设备有效紫外剂量：大于 25 mJ/cm^2，同时设置余氯投加系统，在紫外出水渠处补充余氯，为充分保障消毒药剂的混合效果，设置静态混合矩阵。

2.4　污泥处理工艺设计

本工程污泥采用污泥脱水及干化系统进行处理，前端采用污泥脱水机，污泥出泥含水率约 80%，落入湿污泥料仓中，经泥饼泵输送至低温干化机进一步脱水处理，把污泥含水率降低至 40%，最后所有干化后的污泥通过刮板输送机输送至干污泥料仓，外运处理[15]。

本项目共设置 3 套污泥脱水机及和 3 套低温干化系统，设备配置按照设计规模 10 万 m^3/d 一次建成，系统按 2 用 1 备设计。设计规模 24 tDS/d（120 t /d 80% 含水率污泥），总干固体质量：20 230 kgDS/d。

本工程新建污泥机房可与已建污泥车间协同处理，以应对设备故障及检修等情况。同时已建污泥车间的出泥新增输送机可输送到新建污泥料仓，提升了运维的灵活性。

3　经济技术指标

本次三期扩建工程项目可研批复总投资为 68 483.57 万元，其中工程费用为 59 042.01 万元。三期工程均布置在现状预留用地内，占地面积约为 4 hm^2。项目经营成本 1.91 元/m^3。

4　运行情况

本工程于 2025 年 4 月建成通水，实际运行主要指标数据见表 3，目前出水水质良好，优于一级 A 排放标准。

5　结　语

通过嘉定新城污水处理厂三期扩建工程设计案例，针对其在空间受限、进水（含工业废水）波动性大及无法停产建设等约束，完成了系统的工艺设计与工程实践，主要得到以下结论：

（1）面对复杂进水条件下的达标排放需求，采用的“改良型 AAO+MBBR+磁混凝高效沉淀”工艺组合展现出卓越性能。实测运行数据（见表 3）充分证明了该技术路线在强化生物脱氮除磷、承受水质波动

表3　三期扩建工程进出水水质实测数据　单位：mg/L

月份	COD		TN		NH_3-N		TP		NH_3-N	
	进水	出水	进水	出水	进水	进水	进水	出水	进水	出水
4月	272	20	42.1	10.58	29.6	0.10	4.47	0.07	125	3
5月	230	14.6	35.6	9.68	26.5	0.10	3.38	0.09	108	3
6月	184	13.3	26.9	6.49	19.0	0.04	3.07	0.11	84	3
7月	209	14.9	32.9	7.73	22.0	0.07	5.56	0.07	133	4
8月	148	13.3	31.0	8.41	22.1	0.07	2.47	0.13	77	4
9月	143	14.9	36.6	7.96	28.2	0.07	2.27	0.15	79	4
10月	225	15.9	35.2	6.44	23.6	0.09	4.35	0.13	142	4
11月	211	14.4	36.2	7.45	25.4	0.10	4.49	0.17	137	4
12月	215	15.3	33.9	6.86	23.1	0.12	4.12	0.15	119	4

以及保障深度处理稳定出水方面的综合优势。

（2）本项目采用“系统性整合”，而非“简单增量”。通过新老设施的统筹布局、灵活联通的实施方案，成功实现了建设与运行的“无缝切换”，为其他有类似约束条件的存量污水处理厂扩建提供了可借鉴的“安全扩容”模式。

（3）针对水质特点的对设计参数优化是关键。根据工业废水水质特征，在设计中通过延长生反池厌氧区停留时间、投加MBBR填料、采用磁混凝强化沉淀等措施，区别于常规城市污水处理厂的技术特征，是实现系统抗冲击能力的重要保障。

本工程的成功经验表明，通过精细化的前期诊断、技术比选与全局统筹，在多重限制条件下实施高品质的污水厂扩建是完全可行的，其设计与管理思路具有一定的借鉴意义。

参考文献：

[1] T/CECS 511—2018 城镇污水处理厂节地技术导则 [S].

[2] 陈昱霖.南昌青山湖污水厂提标改造工程设计方案[J].净水技术，2018，37(11)：83-87.

[3] 白华清，郑爽，李瑞，等.基于A2O的MBBR工艺污水厂设计及运行效果[J].中国给水排水，2019，35(24)：56-61.

[4] 李玉胜，白华清，孙政，等.MBBR+反硝化生物滤池+磁混凝沉淀池用于污水处理厂原位提标[J].中国给水排水，2026，42(4)：108-113.

[5] 王子龙.多段多级AO工艺处理低碳氮比污水的效能及碳排放分析[J].净水技术，2023，42(增刊1)：146-153.

[6] 曾骏，曹涵昱，孙红波，等.工业废水AAO工艺尾水的磁混凝深度处理工艺的应用[J].净水技术，2025，44(10)：124-135.

[7] 张禹.磁混凝高效沉淀池+滤布滤池工艺在大型城镇水质净化厂中的应用[J].地下水，2024，46(6)：114-115.

[8] 梁仁礼，罗健华.某市工业园污水处理厂CASS工艺的设计[J].科技资讯，2010(21)：121-122.

[9] 梁柱，李洋，陈振振，等.某城镇污水处理厂工程设计实例[J].工业用水与废水，2022，53(6)：80-83.

[10] 魏媛媛.保山市某污水厂提标改造工程设计[J].城市道桥与防洪，2026(3)：234-237.

[11] 臧海龙，金彪，刘东旭，等.青岛市娄山河污水处理厂升级改造工程设计[J].给水排水，2011，37(3)：35-38.

[12] 谢成浩，钱璨，谭映宇，等.AO-MBBR-磁混凝沉淀-反硝化滤池工艺在污水处理厂提标扩容中的应用[J].给水排水，2024，60(增刊1)：29-32.

[13] 张桑林，魏少平.城市污水处理厂污水处理工艺设计与应用实践研究[J].中国建筑金属结构，2026，25(5)：70-72.

[14] 林帅.娄山河污水处理厂进出水及污染物去除效果变化规律研究[D].青岛：中国海洋大学，2013.

[15] 陈旺源，应松枝，严国奇.杭州之江全地下式污水处理厂工艺设计要点及特点[J].净水技术，2025，44(7)：159-167.