

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.14.021

BAF 工艺在污水厂提标改造中的应用

张子潇, 魏屹, 顾鑫, 李博, 陈天博
(北京亦庄环境科技集团有限公司, 北京 100176)

摘要: 北京某污水处理厂提标改造工程设计规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主要目标为去除氮、磷及有机物, 结合提标出水水质要求, 在现有循环式活性污泥法(C-Tech)处理工艺不变的基础上采用曝气生物滤池(BAF)作为深度处理工艺, 新建水质调节池、生物滤池、滤布滤池、紫外消毒渠、加药间、污泥脱水机房。提标改造后出水水质均达到北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)的 B 级标准。

关键词: 污水处理厂; 提标改造; 曝气生物滤池

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)14-0124-04

Application of BAF Process in Upgrading and Reconstruction of a WWTP

ZHANG Zi-xiao, WEI Yi, GU Xin, LI Bo, CHEN Tian-bo

(Beijing Yizhuang Environmental Technology Group Co. Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: The design capacity of the upgrading and reconstruction project of a WWTP in Beijing is $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The main goal is to remove nitrogen, phosphorus and organic matter. According to the effluent quality requirements, biological aerated filter is used as the advanced treatment process based on the existing C-Tech treatment process. Water quality regulating tank, biological filter, cloth media filter, UV disinfection channel, dosing room, sludge dewatering room were newly constructed. After upgrading, the effluent quality all meet the level B criteria of *Discharge Standard of Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants* (DB 11/890 - 2012).

Key words: wastewater treatment plant; upgrading and reconstruction; BAF

1 工程概况

北京某污水处理厂现状处理规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 占地约 $20\,889 \text{ m}^2$, 一期工程处理水量为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 二期工程处理水量为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 均采用循环式活性污泥法(C-Tech)工艺, 每期各设 2 座池。两期总有效容积为 $30\,950 \text{ m}^3$, 总水力停留时间为 14.8 h, 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)的一级 B 标准。工艺流程如图 1 所示。

该污水厂进水水质和水量波动较大, 夏季进水量较大, 冬季进水量较小, 工业废水占比较大, 进水氨氮、总磷和 SS 浓度较高, 可生化性差。

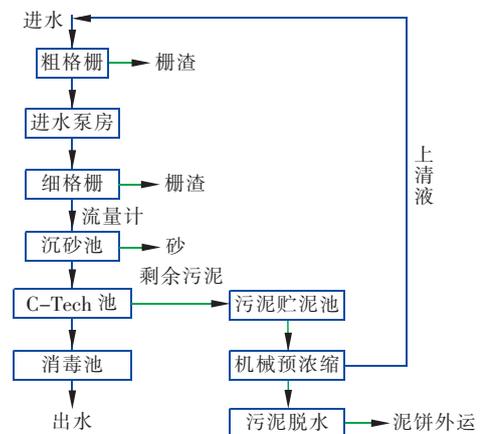


图 1 污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sewage treatment process

2 提标改造工程

2.1 工艺流程

本次污水厂提标改造工程建设规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 受限于现有 C-Tech 池容及不能停产的实际情况, 本工程不能在现有 C-Tech 池内部进行改造, 需新建污水深度处理系统。提标工程要求达到北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012) 的 B 级标准, 该标准对总氮去除有

较高要求, 故深度处理系统需考虑脱氮工艺, 且设计出水总磷要求达到 0.3 mg/L , 目前生物除磷工艺无法保证稳定达标, 因此拟采用化学除磷工艺。同时本工程需结合后端再生水厂实际情况, 在保证工艺合理的前提下, 尽可能利用现有再生水厂源水处理工程(砂滤池), 最终确定主体工艺路线: C-Tech + 两级生物滤池 + 混凝沉淀砂滤 + 滤布滤池, 污水处理工艺流程见图 2, 设计进、出水水质见表 1。

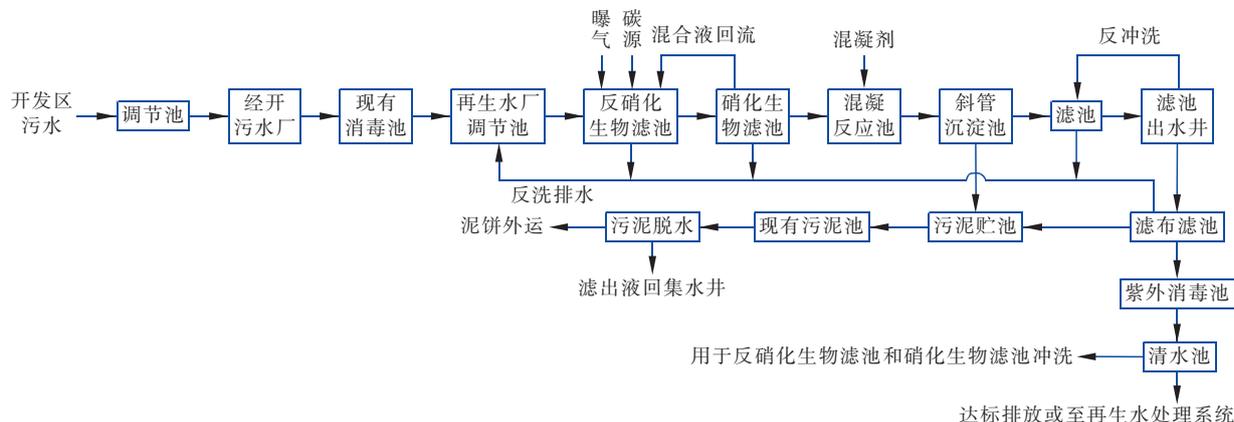


图 2 提标后的污水处理工艺流程

Fig. 2 Flow chart of sewage treatment process after upgrading

表 1 提标工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality after upgrading

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
进水	60	20	8	20	1	20
出水	30	6	1.5	10	0.3	5

2.2 主要新建构筑物及参数

2.2.1 水质调节池

由于进水大部分为工业废水, 且水质、水量波动较大, 为缓解进水水质、水量波动对生物处理系统的影响、保障出水稳定达标排放, 需增建 1 座水质调节池。

水质调节池主要对污水厂进水及来自生物滤池的反冲洗废水进行调节, 一方面可有效缓解进水对生物处理系统造成的不利影响, 另一方面对生物滤池反冲洗废水造成的水量与水质冲击具有一定的调节作用。设计水质调节池分 2 格, 每格调节池设置独立的进水、出水及溢流管路, 能够独立运行及检修。池内相隔一定距离设置潜水搅拌机用以防止悬浮物沉淀。水质调节池单格尺寸为 $54.4 \text{ m} \times 12.5 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$, 单格有效容积约 3740 m^3 , 总有效容积

约 7480 m^3 , 总水力停留时间为 2.48 h。设置潜水搅拌机 6 台, 叶轮直径 580 mm, 功率 13 kW。

2.2.2 生物滤池

近年来反硝化、硝化滤池广泛应用于生物脱氮^[1], 并在实际运行中取得了较好的效果^[2]。本次提标工程生物滤池建设规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主要包括: 生物滤池、中间提升及回流水泵房-出水池、反冲洗水泵房、冲洗水排水池、鼓风机房。生物滤池系统由反硝化生物滤池(DN池)和硝化生物滤池(CN池)两级串接组成。

① 生物滤池

生物滤池分为 12 格, 可分格运行, 其中 4 格为反硝化滤池(DN池), 8 格为硝化滤池(CN池)。采用陶粒滤料、气水联合冲洗形式。12 格滤池采用双排布置, 总进水渠位于两排滤池中间上层, 下层为管廊。管廊内设置每格滤池的进水管、冲洗水管道、冲洗水排水管道、冲洗气管道、放空管道、排气管道等, 管道上均设置气动阀。管廊内设置人行走道平台, 方便滤池的维护检修。

DN池采用钢筋混凝土整体式滤板, 滤板厚 0.18 m。滤板上安装可调双滤帽滤头用于配水、配

气。DN池滤床由承托层和滤料层组成。承托层采用鹅卵石,厚0.35 m;滤料层采用陶粒滤料,厚2.5 m。在DN池内污水中的硝酸盐氮在缺氧条件下被还原成氮气,TN得以去除。污水首先进入DN池,通过总进水管进入分进水管,再通过DN600进水管进入单格滤池配水管,然后依次通过滤头、承托层、滤料层至滤池清水层,跨过废水排水渠至DN池出水渠,再进入CN池的总进水管。

CN池承托层内设曝气管,为滤层内生物膜提供氧气,以进行硝化及氧化反应。单池曝气管管径为DN150,分为4根DN80立管入池至承托层底,池内曝气管路以4根DN80水平管为主干呈鱼刺状分布,支管为DN20不锈钢曝气管,每隔一定间距设置1个单孔膜曝气器,单池共安装曝气器2 624个。

② 中间提升及回流水泵房-出水池

出水池平面尺寸 $L \times W = 25.7 \text{ m} \times 10.40 \text{ m}$,最高水位27.5 m,最低液位21.8 m,有效水深5.7 m,有效容积1 523 m^3 。出水池内设置中间提升泵4台(2台变频),3用1备。其中2台负责抽升 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 生物滤池出水至再生水厂反应-沉淀池,1台抽升多余水量至滤布滤池,当需超越反应沉淀池时,可开启出水井连通闸,出水全部排至滤布滤池。单台提升泵流量1 000 m^3/h ,扬程96 kPa,功率37 kW。泵房内设置回流水泵4台,3用1备,用于提升硝化液至DN池,单泵流量520 m^3/h ,扬程102 kPa,功率30 kW。

③ 反冲洗水泵房

反冲泵房平面尺寸 $L \times W = 26.9 \text{ m} \times 10.4 \text{ m}$,泵房内设置反冲洗水泵6台,其中3台为DN池提供反冲用水,2用1备,单台流量1 166 m^3/h ,扬程160 kPa,全部变频控制,功率75 kW;另外3台为CN池提供反冲用水,2用1备,单台流量1 166 m^3/h ,扬程130 kPa,全部变频控制,功率65 kW。

④ 冲洗废水排水池

排水池尺寸 $L \times W \times H = 25.7 \text{ m} \times 12.8 \text{ m} \times 7.55 \text{ m}$ 。池内设置反冲排水泵2台,1用1备,单台流量648 m^3/h ,扬程120 kPa,功率30 kW,全部变频调节,水泵出水通过DN500压力管输送至新建水质调节池。反冲水池启泵水位21.0 m,最高水位26.0 m,有效水深5.0 m,有效容积1 645 m^3 。

⑤ 鼓风机房

鼓风机房平面尺寸 $L \times W = 21.2 \text{ m} \times 13.15 \text{ m}$,

设置好氧鼓风机和反冲鼓风机。好氧鼓风机采用空气悬浮式风机,共3台,2用1备,单台风量26.5 m^3/min ,风压83 kPa,功率90 kW;反冲洗鼓风机采用罗茨风机,共3台,2用1备,全部变频控制,单台鼓风机风量40 m^3/min ,风压90 kPa,功率90 kW,用于提供滤池反冲洗气源,反冲间歇用于提供反冲废水池的搅拌气源。

2.2.3 滤布滤池

滤布滤池承接现状原水处理工程砂滤池出水,主要对细小悬浮物和颗粒进行深度过滤,以确保出水水质,同时不能被原水处理工程接纳的多余水量也可通过生物滤池出水井溢流至滤布滤池处理。

滤布滤池正常过滤期间,滤盘处于静止状态,滤后液通过中空管收集并重力进入出水渠道,被截留的污染物则吸附于滤布外侧。随着滤布上污染物的积累,滤布过滤阻力增加,滤池水位逐渐升高,测压装置可监测滤池与出水堰上水头之间的水位差,当该水位差达到设定的反冲洗值时,自动控制系统将自动启动反冲洗泵,利用中空管内的滤后水开始反冲洗过程。

滤布滤池尺寸 $L \times B \times H = 21.9 \text{ m} \times 10.0 \text{ m} \times 4.4 \text{ m}$,安装10台反冲洗水泵,单台流量20 m^3/h ,扬程100 kPa,功率2.4 kW。滤布滤池最大设计进水流量为72 000 m^3/d ,设计单片过滤水量为1 500 m^3/d ,单片最大过滤能力1 800 m^3/d ,滤池平均滤速8~9 m/h ,滤布滤池出水 $\text{SS} \leq 5 \text{ mg}/\text{L}$ 。

2.2.4 紫外消毒渠

紫外消毒设备主要用于杀灭水中的细菌及病毒等,保证出水的卫生学指标合格。紫外消毒渠尺寸 $L \times B \times H = 8.0 \text{ m} \times 1.55 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$,内设紫外模块12套,并预留3套紫外模块的位置,同时在紫外消毒渠末端设自动水位控制器1台。每套紫外模块含8支紫外灯管、8支紫外石英套管、4个镇流器,紫外光透射率 $\geq 60\%$,紫外辐射剂量 $\geq 25 \text{ MJ}/\text{cm}^2$ 。

2.2.5 醋酸钠加药间

由于现状污水厂出水碳氮比值较低,而反硝化过程需要消耗碳源,因此需要补充部分外碳源。采用醋酸钠作为碳源,醋酸钠加药间尺寸 $L \times B \times H = 18.5 \text{ m} \times 7.1 \text{ m} \times 6.8 \text{ m}$,包括储药间与加药间两部分。储药间内储存98%无水醋酸钠粉末,经加药间内化料器溶解稀释为30%醋酸钠溶液,由加药泵提升至生物滤池,为反硝化滤池补充碳源。加药间设

2座醋酸钠溶液储药罐,单罐容积 16 m^3 ,同时设置3台加药泵,2用1备,流量 300 L/h 。

2.2.6 污泥脱水机房

现状污水厂剩余污泥经C-Tech池的潜污泵提升进入贮泥池,再由脱水机房的螺杆泵送入带式浓缩脱水机进行脱水,最终形成含水率为80%的泥饼,经转运间外运。由于多年运行,现状脱水机房内设备老化、运行效率降低,另外提标改造工程中原水反应沉淀池的化学污泥需送至脱水机房处理,增加了处理泥量,现状脱水机处理能力不足,需对现状脱水机房进行改造。

本次脱水机房改造,内设污泥切割机3台(2用1备),单台处理能力为 $40\sim 70\text{ m}^3/\text{h}$,电机功率为3 kW;污泥进料泵3台(2用1备),处理能力为 $30\sim 60\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 $0.2\sim 0.3\text{ MPa}$,电机功率为11 kW;离心脱水机3台(2用1备),单台处理能力 $>50\text{ m}^3/\text{h}$,主机功率为55 kW。经过浓缩脱水的污泥由1台水平无轴螺旋输送机输送,再经1台倾斜螺旋输送机送至污泥料斗,装车外运。

3 运行效果

2016年6月—2017年5月的平均出水水质见表2。

表2 提标后出水水质

Tab.2 Effluent quality after upgrading

项目	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$					
	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
6月	18.29	1.83	0.32	8.06	0.18	1.90
7月	20.60	1.66	0.26	8.64	0.20	2.00
8月	19.64	1.71	0.35	9.01	0.27	1.84
9月	20.37	1.72	0.38	8.58	0.27	1.73
10月	22.48	1.85	0.46	8.90	0.26	2.13
11月	18.38	1.91	0.46	9.37	0.27	1.91
12月	20.39	2.24	0.38	9.45	0.25	1.90
1月	20.03	2.24	0.62	9.24	0.19	2.16
2月	19.10	1.94	0.63	9.03	0.22	2.07
3月	18.71	1.92	0.69	8.79	0.25	1.94
4月	20.30	1.76	0.54	8.78	0.26	2.17
5月	20.02	1.60	0.21	8.74	0.23	2.19

采用C-Tech工艺后续新建曝气生物滤池+滤

布滤池+紫外消毒渠,并整合原有砂滤池工艺进行提标改造,提标后整体系统运行稳定,污水厂出水水质达到北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)的B级标准。

4 结语

北京某污水厂处理厂提标改造工程规模为 $5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,保留原有C-Tech工艺,后续新建曝气生物滤池、滤布滤池等深度处理单元,新建后续处理构筑物设计紧凑,减少了占地面积,同时确保了在污水处理厂不停产的情况下完成改造。提标改造后污水厂出水TP、TN、NH₃-N均达到北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)的B级标准,取得了很好的脱氮除磷效果。该污水厂出水的40%~50%用于再生水厂的生产,剩余尾水排入附近河道用于河道补水。

参考文献:

- [1] 商佳吉,洪超,吕劲衡,等.反硝化滤池用于城镇污水处理厂提标改造[J].中国给水排水,2019,35(6):93-98.
SHANG Jiayi, HONG Chao, LÜ Jinheng, et al. Application of denitrification filter in upgrading and reconstruction of an urban wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(6): 93-98 (in Chinese).
- [2] 严国奇,张丽丽.七格三期污水处理厂反硝化深床滤池的调试与运行[J].中国给水排水,2017,33(16):127-132.
YAN Guoqi, ZHANG Lili. Commissioning and operation of deep-bed denitrification filter in Qige phase III wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(16): 127-132 (in Chinese)

作者简介:张子潇(1983-),男,北京人,硕士,高级工程师,主要从事污水深度处理和再生水回用等相关工作。

E-mail: zixiaochinese@163.com

收稿日期:2019-06-26

修回日期:2020-09-19

(编辑:衣春敏)