

大型曝气生物滤池污水处理厂提标改造设计

汪启光

[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: 沈阳仙女河污水处理厂是采用曝气生物滤池工艺的大型污水处理厂,处理规模达40万 m^3/d 。在其提标改造工程中,将现状二级曝气生物滤池改造成了带反硝化功能的三级生物滤池,并采用加砂沉淀池作为深度处理单元,使出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准提高至一级A标准;同时通过建设应急处理系统,实现了不停产施工、不降低排放标准的预期目标。

关键词: 曝气生物滤池;提标改造;不停产施工

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)01-0149-04

0 引言

曝气生物滤池是将生物接触氧化与过滤原理相结合的污水处理工艺^[1],以颗粒状填料及其附着生长的生物膜作为处理介质^[2],在同一个反应器内实现生物氧化与固液分离功能^[3]。该工艺具备优良的过滤吸附作用,以占地面积少、流程简单、处理效率高著称^[4]。在国内已建的数十座曝气生物滤池工艺污水处理厂中,沈阳仙女河污水处理厂在处理规模上首屈一指,达到40万 m^3/d ^[5]。由于建设时间较早,该厂出水水质已无法满足国家现行标准,亟待提标改造;同时本工程还存在用地紧张、需要不停产施工等难点。

本文通过对沈阳仙女河污水处理厂提标改造工程的介绍,旨在为类似污水处理厂的设计提供借鉴。

1 工程概况

1.1 污水处理厂现状

仙女河污水处理厂位于沈阳市于洪区,现状总处理规模为40万 m^3/d ,服务范围总面积为44 km^2 ,服务人口近80万。该厂分2期建设,1期规模20万 m^3/d ,于2003年底建成投产;2期规模20万 m^3/d ,于2005年底建成投产。该厂现状生物处理工艺采用曝气生物滤池工艺,处理后的达标尾水排入细河。

仙女河污水处理厂提标改造前的实际进出水水质见表1。表1中: COD_{cr} 为化学需氧量; BOD_5 为5

日生物需氧量;SS为悬浮物含量; $\text{NH}_3\text{-N}$ 为氨氮含量;TN为总氮含量;TP为总磷含量。由表1可见,该厂出水水质已达到原设计要求,即《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准。根据辽宁省政府保护浑河流域生态环境的战略目标,该厂出水标准须提高至一级A标准。显然,该厂实际出水水质的各项指标均与一级A标准有一定差距。

表1 仙女河污水处理厂提标改造前实际进出水水质 单位:mg/L

水质	COD_{cr}	BOD_5	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP
进水	166~251	67~115	93~202	18.2~42.0	25.8~51.4	3.04~4.71
出水	35~73	14~23	12~23	2.79~17.7	18.1~27.6	1.94~2.71
二级标准	≤ 100	≤ 30	≤ 30	$\leq 25(30)$		≤ 3
一级A标准	≤ 50	≤ 10	≤ 10	$\leq 5(8)$	≤ 15	≤ 0.5

1.2 工程难点

(1)建设用地极为紧张。仙女河污水处理厂地处沈阳市中心区域,现状厂区占地面积约6.59 hm^2 ,加上厂区东北侧新划拨用地0.62 hm^2 ,合计为7.21 hm^2 。现状厂区内用地基本饱和,本工程的建设除利用新划拨用地外,还需要通过拆除厂前区现状建筑进行用地挖潜,为新建构筑物提供用地。

(2)不停产施工的要求。仙女河污水处理厂不具备将现状处理污水量全部转输至其他厂的条件,为避免环境风险,环保部门要求本工程在提标改造过程中不得出现长时间的停产、减产。为此,在对厂内原有处理构筑物实施改造,并新增处理构筑物的同时,需要建设应急处理系统,在总体工艺改造期间对进水进行

收稿日期:2023-03-01

作者简介:汪启光(1982—),男,硕士,高级工程师,从事市政给排水、综合管廊设计工作。

达标处理。

2 工艺方案

2.1 总体工艺改造方案

仙女河污水处理厂处理对象为以生活污水为主的典型城市污水,现状运行基本正常,但出水水质各项指标均与一级A标准有一定差距,需要通过进一步处理以满足提标要求。此外,由于原设计执行的二级标准对总氮(TN)指标无要求,现状厂内采用的二级曝气生物滤池工艺不具备反硝化功能,如何通过反硝化生物脱氮来实现TN达标,是本次提标改造的重点。

总体工艺改造思路为:进一步提高生物处理系统对有机物及氨氮的处理效果;对现状生物处理系统进行改造使其具备反硝化功能;通过新增深度处理系统来加强对悬浮物和总磷的去除。

总体工艺改造方案由预处理、生物处理、深度处理系统组成。

2.1.1 预处理系统

对1期、2期预处理构筑物进行改造利用,包括粗格栅、进水泵房、细格栅、高密度沉淀池。

2.1.2 生物处理系统

为强化反硝化生物脱氮,将现状二级曝气生物

滤池改造为带反硝化功能的三级生物滤池,即“前置反硝化生物滤池+曝气生物滤池+后置反硝化生物滤池”。

前置反硝化生物滤池:将1期、2期第一级曝气生物滤池改造为前置反硝化生物滤池,1期、2期前置反硝化生物滤池处理水量分别按18万 m^3/d 、22万 m^3/d (不含回流硝化液)进行分配,使2组滤池水力负荷(滤速)基本一致。

曝气生物滤池:在保留利用1期、2期第二级曝气生物滤池的基础上,新建1组曝气生物滤池以保证好氧段对有机物、氨氮的有效处理;1期、2期、新建曝气生物滤池处理水量分别按11万 m^3/d 、12万 m^3/d 、17万 m^3/d (不含回流硝化液)进行分配,使3组滤池水力负荷(滤速)基本一致。

后置反硝化生物滤池:新建后置反硝化生物滤池,对曝气生物滤池出水进行进一步脱氮处理。

2.1.3 深度处理系统

三级生物滤池出水需要进一步去除总磷及悬浮物,本工程深度处理工艺采用了投加介质的改良型高效沉淀池——加砂沉淀池,在保证处理效果的前提下提高表面负荷以节约用地。出水经紫外线消毒,达到一级A标准后排放。

总体工艺改造流程见图1。

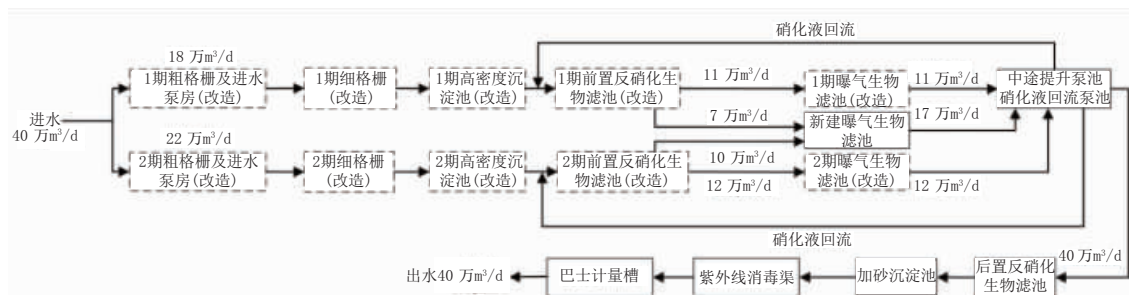


图1 总体工艺改造流程

2.2 应急处理工艺方案

本工程应急处理系统建设用地为厂区东北侧新划拨用地,由于用地面积仅0.62 hm^2 ,不具备生物处理工艺的用地条件,应急处理工艺原则上采用一级强化物化法工艺。本工程应急处理采用了与深度处理相同的加砂沉淀池工艺,兼顾处理效果和节约用地两方面的要求,同时也便于生产管理。

应急处理工艺流程见图2。



图2 应急处理工艺流程

在污水处理厂总体工艺改造期间,进水经过应急处理系统所包含的粗格栅、进水泵房、细格栅、曝

气沉砂池、加砂沉淀池,出水达到目前执行的二级标准后排放。

2.3 用地布局方案

1期改造片区、2期改造片区位于现状厂区中部,包含1期、2期保留利用的预处理及生物处理构筑物。

新建片区由现状厂区南部的厂前区和北部的污泥处理区组成:拆除现状厂前区的变电所、锅炉房、综合楼、宿舍楼、消毒池,腾出用地用以布置总体工艺改造所需的污水处理构筑物以及厂区生产管理建筑,主要包括曝气生物滤池、后置反硝化生物滤池、加砂沉淀池、紫外线消毒渠、巴氏计量槽及回用水泵

池、反冲洗鼓风机房及除臭间、加药间及换热站、1#综合楼、2#综合楼、变电所;污泥处理区拆除现状污泥堆棚、污泥转运棚,腾出用地用以布置总体工艺改造所需的污泥脱水间、污泥料仓间。

应急片区为现状厂区东北侧新划拨用地,布置应急处理系统所包含的预处理构筑物、加砂沉淀池、加药间、巴氏计量槽及提升泵池。

提标改造工程平面布置见图 3。

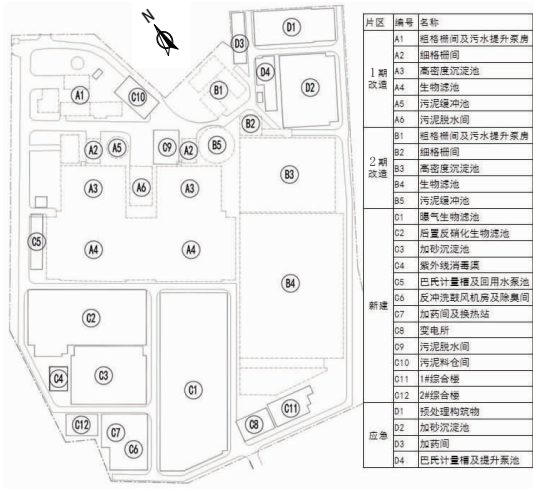


图 3 提标改造工程平面布置

3 主要构筑物工艺设计

3.1 1 期生物滤池改造

已建 1 期生物滤池共 2 座,每座含 12 格一级滤池、12 格二级滤池。通过运行模式的调整,将第一级曝气生物滤池调整为前置反硝化生物滤池,并沿用第二级曝气生物滤池。前置反硝化生物滤池设计规模为 18 万 m³/d,考虑硝化液回流后的实际进水量为 36 万 m³/d;部分分流至新建区后,曝气生物滤池设计规模为 11 万 m³/d,考虑硝化液回流后的实际进水量为 22 万 m³/d。

为满足提标要求,滤料及滤池内的滤梁、滤板、承托层需进行更换,并对现有曝气风机、反冲洗风机、反冲洗水泵、反冲洗排水泵进行更换。

3.2 2 期生物滤池改造

已建 2 期生物滤池 1 座,含 16 格一级滤池、16 格二级滤池。通过运行模式的调整,将第一级曝气生物滤池调整为前置反硝化生物滤池,并沿用第二级曝气生物滤池。前置反硝化生物滤池设计规模为 22 万 m³/d,考虑硝化液回流后的实际进水量为 44 万 m³/d;部分分流至新建区后,曝气生物滤池设计规模为 12 万 m³/d,考虑硝化液回流后的实际进水量为 24 万 m³/d。

土建及设备改造内容与 1 期滤池类似。

3.3 新建曝气生物滤池

新建的曝气生物滤池为上下两部分功能单元合建而成的构筑物。上层为滤池,分为 24 格,设计规模为 17 万 m³/d,考虑硝化液回流后的实际进水量为 34 万 m³/d;下层为中途提升泵、硝化液回流泵、反冲洗泵共用的调蓄池,上层滤池处理后的出水直接进入调蓄池,由承担不同功能的泵组转输。

3.4 新建后置反硝化生物滤池

新建的后置反硝化生物滤池为上下两部分功能单元合建而成的构筑物。上层为滤池,分为 14 格,设计规模为 40 万 m³/d;下层为反冲洗废水池,用于接纳新建曝气生物滤池、后置反硝化生物滤池反冲洗废水,经反冲洗排水泵转输至应急区预处理构筑物。

现状滤池改造、新建滤池设计工艺参数见表 2。

表 2 滤池设计工艺参数

参数	1 期滤池		2 期滤池		新建曝气	新建后置反硝化
	前置反硝化	曝气	前置反硝化	曝气		
单格面积 /m ²	73	73	132	132	132	132
滤料厚度 /m	4	4.5	3.7	3.7	4.5	4.5
空床停留时间 /min	28.01	51.58	25.57	46.89	60.38	29.93
水力负荷 / (m ³ ·m ⁻² ·h ⁻¹)	8.57	5.23	8.68	4.73	4.47	9.02
BOD ₅ 容积负荷 / (kg·m ⁻³ ·d ⁻¹)		0.63		0.69	0.54	
硝化容积负荷 / (kg·m ⁻³ ·d ⁻¹)		0.36		0.40	0.31	
反硝化容积负荷 / (kg·m ⁻³ ·d ⁻¹)	0.60		0.64			0.48

3.5 加砂沉淀池

新建片区与应急片区各建设加砂沉淀池 1 座,布置形式和设计参数基本相同。加砂沉淀池设计规模为 40 万 m³/d,分为 4 组,每组由快混池、絮凝池、斜管沉淀池组成,沉淀池表面负荷为 27.1 m³/(m²·h)。附属机器间内设有微砂循环泵,沉淀池底混合微砂的污泥经微砂循环泵提升后,由水力旋流器分离,微砂回流至絮凝池,剩余污泥排至污泥处理系统。

4 提标改造效果

项目总投资为人民币 64 727.29 万元。提标改造完成后,全厂单位处理耗电量为 0.80 (kW·h)/t,单位处理成本为 1.64 元 /t,单位经营成本为 1.23 元 /t。

本工程于 2018 年 4 月开工建设,于 2018 年 12 月通水试运行。通过合理组织分阶段实施方案,提标

改造建设过程实现了不停产施工、不降低排放标准的预期目标。完成调试和试运行阶段后,项目于2021年6月正式验收。项目验收运行至今,其实际进出水水质如表3所示。由表3可见,提标改造后,该厂出水水质达到了一级A标准,环境效益显著。

表3 提标改造完成后的实际出水水质						单位:mg/L
水质	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
出水	6.5~24	4~8	2~8	0.36~2.5	8.7~13.8	0.07~0.35
一级A标准	≤50	≤10	≤10	≤5(8)	≤15	≤0.5

提标改造完成后,整套处理工艺自动化程度高,可靠性好,运行管理便捷。此外,本项目建设的应急处理系统在完成改造期处理任务后,继续保留利用,承担全厂改造、新建生物滤池反冲洗废水的旁路处理,解决了大水量、高浓度反冲洗废水的冲击问题,使全厂的运行条件得到了极大改善。

5 结 语

在沈阳仙女河污水处理厂的提标改造工程中,

在全厂用地仅有7.21 hm²的条件下,将现状二级曝气生物滤池改造成了带反硝化功能的三级生物滤池,并采用加砂沉淀池作为深度处理单元,使其出水水质由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的二级标准提高至一级A标准;同时通过建设应急处理系统,合理组织分阶段实施方案,实现了提标改造工程不停产施工、不降低排放标准的预期目标。

参考文献:

[1] 刘镇江,崔玉川.城市污水厂处理设施设计计算[M].3版.北京:化学工业出版社,2017.

[2] 张文艺,翟建平,郑俊,等.曝气生物滤池污水处理工艺与设计[J].环境工程,2006,24(1): 9-13.

[3] 马军,邱立平.曝气生物滤池及其研究进展[J].环境工程,2002,20(3): 7-11.

[4] 游卫强,胡斌,陈浩.曝气生物滤池在污水处理厂运营中的常见问题分析及改造优化[J].给水排水,2020,46(增刊): 422-425.

[5] 高欣,高梦国,周丹丹,等.前置反硝化-曝气生物滤池低温脱氮效能中试研究[J].水处理技术,2018,44(6): 76-79.

(上接第148页)

讨[J].给水排水,2015,41(9):30-32.

[4] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].

[5] DB 33/T1191—2020,浙江省工程建设标准 暴雨强度计算标准(发布稿)[S].

[6] 李媛.深圳市莲塘隧道排水系统设计探讨[J].给水排水,2015,41(9): 36-39.

[7] 张建新,吕锐,贺田富.下穿式道路立交雨水泵站排水设计参数探讨[J].给水排水,2012,38(1):30-35.