

深圳市污水处理厂提标改造生产保障措施

钟昊亮

(深圳市水务<集团>有限公司, 广东 深圳 518031)

摘要: 以深圳市罗芳、盐田、南山三座污水处理厂为例,介绍了污水处理厂提标改造期间的生产保障措施。实践表明,通过合理的设计与施工时序、污水调配、分流处理、挖潜现有设施能力等措施,有效地解决了施工期间的污水处理能力下降问题,大幅降低了提标改造“阵痛期”的环境影响,可为同类污水处理厂提标改造生产保障提供借鉴。

关键词: 污水处理厂; 提标改造; 生产保障措施

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0026-06

Introduction of Operation Guarantee Measures for Wastewater Treatment Plant Upgrading in Shenzhen City

ZHONG Hao-liang

(Shenzhen Water Group Co. Ltd., Shenzhen 518031, China)

Abstract: Operation guarantee measures of three upgrading wastewater treatment plants in Shenzhen were introduced as examples in this paper. The practice showed that proper design and construction sequence, wastewater dispatching, side-stream treatment, existing facilities capacity enhancement, etc., could effectively resolve wastewater overflow problems and substantially relieve the impacts of wastewater treatment plant upgrading on environment, providing references for similar wastewater treatment plants to maintain wastewater treatment performance while upgrading.

Key words: wastewater treatment plant; upgrading; operation guarantee measure

按照国家“水十条”的要求,2020年前城镇污水处理厂出水应达到相应排放标准或再生利用要求。按全国城镇污水厂数量计,仍有超过70%的污水处理厂执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级B及以下标准^[1]。“水十条”的颁布将带来全国范围内的污水处理厂提标改造热潮。另一方面,由于黑臭水体整治完成时限与污水处理厂改造时限重叠,提标改造“阵痛期”影响与黑臭水体达标之间的兼顾,是需要重点考虑的问题。对于现有污水处理厂,在原有设施上开展改造,长达1~2年的施工期需要采取妥善的生产保障措施。目前提标改造研究的侧重点更多在于实现更高出水水质标准的技术路线,如何保障生产与施工的同步实施报道较少^[2,3],这一内容在初步设计过程中也

常常欠缺。

以深圳原特区内3座污水处理厂(罗芳、盐田、南山污水处理厂)提标改造为示例,介绍其施工过程的生产保障措施,以期同类污水处理厂提标改造生产运行保障提供参考。

1 生产保障思路

根据深圳市治水提质行动计划要求,罗芳、盐田、南山污水厂于2016年—2017年开展了提标改造工作。这3座污水厂除在预留用地上新建构筑物外,均需对原有构筑物进行拆除重建或原池改造,由此带来处理设施产能受限、工艺不完整等生产难题。

罗芳、盐田、南山污水厂提标改造要求如表1所示。

表 1 原特区内污水处理厂提标改造要求

Tab. 1 Upgrading requirement of wastewater treatment plants in Shenzhen SEZ(original)

项 目	改造前规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	改造后规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	改造前出水标准	改造后出水标准
罗芳污水处理厂	35	40	二级	地表水准Ⅳ类
南山污水处理厂	73.6	73.6	一级 B	一级 A 标准
盐田污水处理厂	12	12	一级 B	地表水准Ⅳ类

注: 出水标准中二级、一级 B、一级 A 均指《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)。

由于上述污水处理厂均位于深圳河以及深圳湾流域,其出水涉及多处重点水质考核断面,故改造过程必须尽量减少施工对污水处理的影响。主要生产保障思路如下:

① 设计与施工时序。分期建设的污水厂采用集约工艺,在其中某一期工程中完成提标改造内容,在改造过程中另一期工艺可维持生产。同时,在保证施工工期前提下,对不同生产线进行分组改造。

② 污水调配。利用上游污水管网进行厂与厂之间的污水调配,尽量减少进厂污水量。针对短时减、停产,可充分利用上游污水泵站、管网、厂内空置构筑物等进行污水调蓄,并安排在来水低峰期施工。

③ 挖潜现有设施能力。通过生产运行试验或生化模型软件进行模拟,摸索原有处理设施超负荷生产能力。改造工程实施前对提升泵、污泥处理系统、配电系统、曝气系统等设备进行全面梳理,强化运行保障稳定性。同时,进水污染物浓度、污泥外运等外部条件至关重要,需要加强与管网运维部门、污泥处置单位的沟通联动及协调。

④ 分流处理措施。以保“量”为宗旨,对于无法接纳的过量污水,增设分流处理设施进行处理。由于本次改造厂内用地有限,主要利用用地较为节

省的物化处理设施,对过量污水进行一级强化处理。

⑤ 临时管道。涉及工艺过程构筑物拆除改造或新建的,采用临时管道对部分工艺段进行超越。

⑥ 停水作业。针对管道碰口等施工,条件具备的可利用潜水员进行水下切割、焊接等不停水施工作业方式。

2 具体实施及效果

2.1 罗芳污水厂提标改造生产保障

该污水厂分两期建设,一期设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用 AB 工艺(B 段为 A^2O 工艺),共两组生产线。二期设计规模为 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用厌氧-T 型氧化沟工艺,氧化沟共四组生产线。现状处理水量约 $31 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。为减少生产影响,并腾出一期工程用地作为预留用地,本次改造在二期工程($25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)用地内开展,采用占地节约的 BNR+MBR 工艺(见图 1)。工艺改造内容包括:① 对二期厌氧池、浓缩池、除臭系统及连接管路进行拆除,新建规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的细格栅、曝气沉砂池、速沉池、精细格栅及配套的除臭系统;② 二期 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 氧化沟改造为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 BNR 生物反应池;③ 预留用地内新建 MBR 膜池、膜车间。

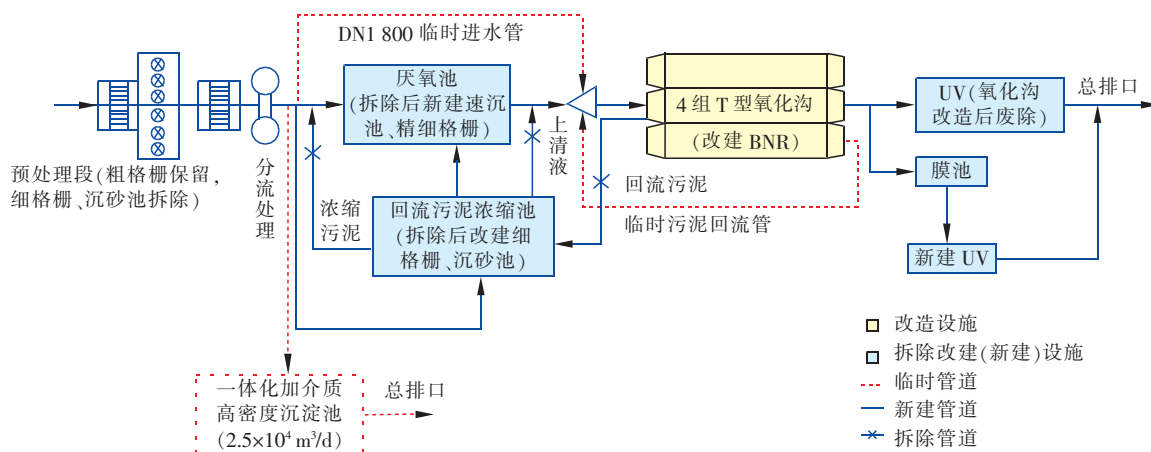


图 1 罗芳污水处理厂二期工程提标改造工艺流程

Fig. 1 Schematic diagram of wastewater treatment process for Luofang WWTP second-phase upgrading project

根据改造方案,生产保障难点在于氧化沟改造期间无法投入运行,产能下降。同时,预处理段改造期间需拆除原厌氧池及回流污泥浓缩池,原有工艺管线无法连通。采取的保障措施如下:

① 先改造二期3[#]、4[#]氧化沟,1[#]、2[#]氧化沟及原一期工程维持生产,待新系统预处理段、两组生化段、膜池、紫外线消毒全线贯通完成后,再改造1[#]、2[#]氧化沟。

② 二期沉砂池出水铺设临时管道,将厌氧池、回流污泥浓缩池超越,创造停产条件将其改造为新建预处理段。

③ 由于二期厌氧池被超越,对进水泥砂的缓冲能力减弱,故与主管部门协调,暂停含砂量较大的沙湾河截排污水入厂,减少约 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

④ 由于设施能力仅余一期工程 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 及二期工程 $12.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,故将现有设施超负荷运行。根据GPS-X静态模拟结果,在拆除厌氧池、90%进水水质浓度及污泥沉降性能较差(SVI约120 mL/g)等不良运行情况下,如以二级排放标准为限值,二期两组氧化沟可维持约 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的处理能力。一期工程通过生产运行试验确定可运行至 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

⑤ 沉砂池出水分流剩余 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水进入一体化加介质高密度沉淀池进行一级强化处理。该装置处理能力为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,占地约300 m²,设计COD、SS、TP去除率分别为60%、80%和50%。

⑥ 临时管及新旧构筑物管道碰通施工采取在夜间来水低峰期间开展。

改造期出水水质见表2,成本及效益见表3。结果表明,采取保障措施之后,避免了整个二期停产改造带来的设施受限问题,处理水量(不计沙湾截排来水)没有明显下降,出水污染物浓度虽较改造前环期均值略有上升,但仍满足二级排放标准,且大部分指标达到一级B标准。一级强化处理设施出水优于二级标准,COD、SS、TP指标年均值均达到一级B标准,同时还表现出一定的总氮去除能力。另外,在一级强化处理运行中,发现加砂回收泵极易受到进水中的毛发、絮状物缠绕,故后期在进水端又增加了两道人工格栅,效果良好。由于物化处理设施无氨氮去除能力,如厂内预留用地充足,建议尽量采用一体化的二级处理设施对过量污水进行分流处理,将能达到更好的污染物减排效果。在成本方面,污

水处理厂在施工招标前已明确了分组改造方式,因此分组改造并未明显影响施工费用,保障措施的费用主要用于临时设施的建设、施工。

表2 罗芳污水处理厂提标改造期间出水水质

Tab. 2 Effluent quality of Luofang WWTP during upgrading period $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目		原有工艺	一级强化
COD	改造期均值	19.1	24(93%)
	环期均值	17.7	—
	考核标准值	100	100(60%)
$\text{NH}_3 - \text{N}$	改造期均值	1.93	—
	环期均值	1.04	—
	考核标准值	25	25
SS	改造期均值	6.8	8(97%)
	环期均值	7.4	—
	考核标准值	30	30(80%)
TN	改造期均值	10.8	16(53%)
	环期均值	7.5	—
TP	改造期均值	0.46	0.75(82%)
	环期均值	0.50	—
	考核标准值	3	3(50%)

注: 括号内数值为相应污染物去除率;改造期以原有工艺动工出现产能受限之时开始计算。

表3 罗芳污水处理厂提标改造保障方案成本及效益

Tab. 3 Cost and effect of production maintaining measures during Luofang WWTP upgrading period

项目	工期/d	成本/万元	效果
分组改造	—	按工程量结算,无增加费用	避免了二期全停产改造施工,剔除沙湾截排来水后,减少 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水外溢
分流措施	90	450(一级强化设施,电耗、药耗、水耗运行费用为 $0.206 \text{ 元}/\text{m}^3$)	
临时管道	3	682	

2.2 南山污水厂提标改造生产保障

该污水厂最初采用 $35.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的一级初沉排海处理设施,出水为深海排放,执行《污水海洋处置工程污染控制标准》(GB 18486—2001)。2004年完成二期预处理段建设,2009年完成二级生化系统建设,总规模为 $73.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中MUCT生化系统规模为 $56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一级初沉排海设施规模为 $17.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。所有出水均通过海洋放流管深海排放。该厂与福田污水处理厂共同组成污水海洋排放系统,两厂近年合计处理水量约 $(90 \sim 100) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。本次工艺改造主要包括:①MUCT

池改造,增设生化选择池、机动缺氧区,改造曝气系统。②预留用地新建加介质高密度沉淀池。③紫外

消毒渠改造。南山污水厂提标改造工程工艺流程详见图 2。

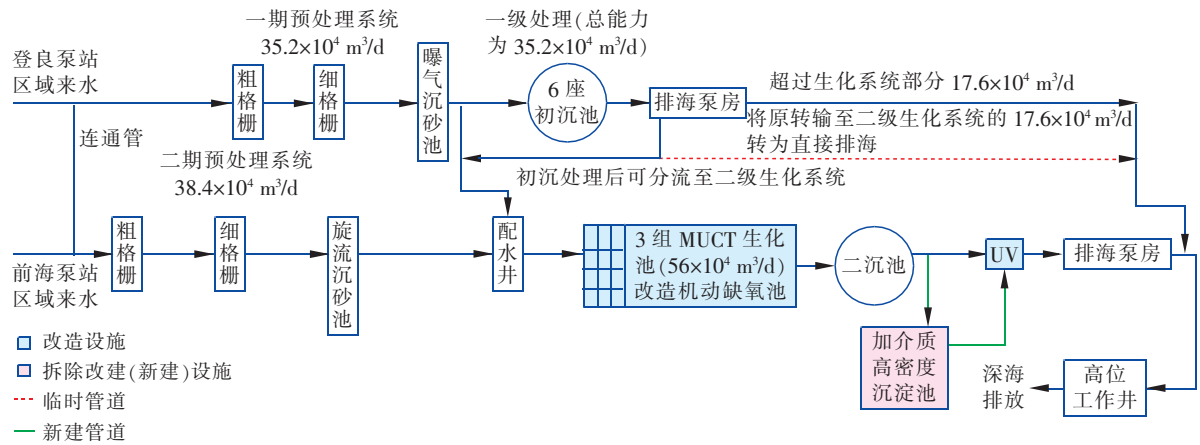


图 2 南山污水处理厂提标改造工艺流程

Fig. 2 Flow chart of Nanshan WWTG upgrading process

该污水厂的生产保障难度在于 MUCT 池改造导致的设施产能受限,与新建加介质高密度沉淀池连接碰管所导致的停产,以及紫外消毒渠改造期间的消毒问题。采取的保障措施如下:

① 由于生化池三组 MUCT 池分组改造,将受影响产能降低至 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

② 利用福田污水处理厂将上游污水进行分流(见图 3)。2017 年下半年由于多处河道处理设施污水接入污水海洋排放系统,来水量大幅上升,故进一步利用该厂一级初沉系统原有的 $35.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的排水能力,将原设计用于将一级初沉出水接入生化系统处理的转输泵站,改造为直接深海排放,使得一级初沉处理能力再增加 $17.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,腾出了二级生化处理的能力。

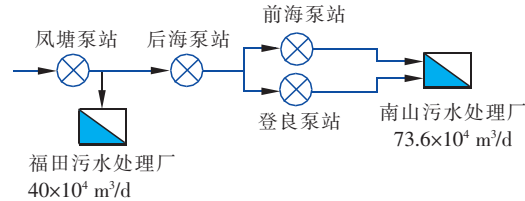


图 3 污水调配示意

Fig. 3 Diagram of sewage dispatching

③ 原 MUCT 池因出水管连通,与新建加介质高密度沉淀池碰管期间整个二级生化系统需停产。为解决碰管问题,利用节假日及夜间来水低峰期配合潜水员水下切割、焊接的作业方式,顺利保障了碰管期间无污水外溢。目前该厂生化系统已完成改造

并全线通水。

改造期间处理量较改造前环期上升,主要原因是前述的河道处理设施污水接入。出水水质(见表 4)、成本及效益(见表 5)分析结果表明,二级生化系统、一级初沉出水水质全面达到相应的排放标准,虽然一级初沉处理的水量占比从 25% 上升至 35%,污染物排放量增加,但由于避免了二级生化停产改造造成的近 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的污水外溢,其减排效益依然显著。

表 4 南山污水处理厂提标改造期间出水水质

Tab. 4 Effluent quality of Nanshan WWTG during upgrading

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

项 目		二级生化	一级初沉
COD	改造期均值	30	162
	环期均值	27	180
	考核标准值	60	300
$\text{NH}_3 - \text{N}$	改造期均值	0.95	19.90
	环期均值	0.32	20.10
	考核标准值	8	25
SS	改造期均值	6	111
	环期均值	6	126
	考核标准值	20	200
TN	改造期均值	13	—
	环期均值	12	—
	考核标准值	20	—
TP	改造期均值	0.36	3.55
	环期均值	0.44	4.35
	考核标准值	1	8

表 5 南山污水处理厂提标改造保障方案成本及效益

Tab. 5 Cost and effect of production maintaining measures during Nanshan WWTP upgrading period

项目	工期/d	成本/万元	效果
分组改造	—	按工程量结算, 无增加费用	避免二级生化全停产改造, 减少 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水外溢
污水调配	—	利用现有调配系统	
分流措施	15	78(泵房、管道改造)	一级初沉水量占比上升, 但避免了 2017 年下半年来水量增加影响, 减少 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水外溢
碰管优化	—	15(潜水作业)	3 次碰管合计减少 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 污水外溢

2.3 盐田污水厂提标改造生产保障

该厂原设计规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 原工艺由三组 MSBR 组成, 改造内容包括将三组 MSBR 池改造为 AAO 池, 并在预留地新建矩形二沉池、加介质高密度沉淀池。近年该污水厂实际处理水量约 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中旱季约 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 雨季约 $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 故采用三组 MSBR 池轮流改造的方式开展, 雨季利用设施超负荷运行保障污水处理。其中, 雨季超负荷情况主要通过生产运行试验进行测试。

改造工程难点在于 3 座 MSBR 池空气管、出水管均连通且无阀门隔断, 故每座 MSBR 池改造成 AAO 池后, 水、气管在与新建二沉池等设施碰管期间均需要全厂停产, 详见图 4。

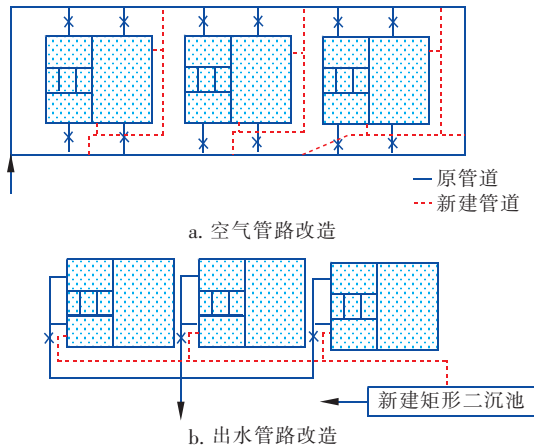


图 4 盐田污水处理厂管路改造示意

Fig. 4 Diagram of Yantian WWTP pipeline modification

为解决上述问题, 该厂进行了上游管网调蓄能力测试, 选择在 00:00 加大上游泵站提升量及污水厂处理量, 充分降低管网液位, 至泵站液位达到最低

时停止生产, 期间加强管网溢流点巡查, 至污水泵站提升泵坑液位到达溢流液位前恢复提升。根据测试结果, 旱季上游管网可储蓄约 $4\,000 \text{ m}^3$ 污水量, 为施工争取时间约 90 min。同时, 尽量将碰管与改造后 AAO 池的进水调试同步进行, 利用 $20\,000 \text{ m}^3$ 池容存储污水。目前该厂 2 组生化系统已完成改造并全线通水, 改造期间处理水量没有任何下降, 出水水质(见表 6)也全面达到一级 B 要求, 同时由于设施富余能力较为充足, 因此保障措施并未产生明显费用增加(见表 7)。

表 6 盐田污水处理厂提标改造期间出水水质

Tab. 6 Effluent quality of Yantian WWTP during upgrading period $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目		数值
COD	改造期均值	40.8
	环期均值	23.6
	考核标准值	60
$\text{NH}_3 - \text{N}$	改造期均值	1.12
	环期均值	1.30
	考核标准值	8
SS	改造期均值	11.9
	环期均值	9.0
	考核标准值	20
TN	改造期均值	12.5
	环期均值	9.4
	考核标准值	20
TP	改造期均值	0.67
	环期均值	0.65
	考核标准值	1.5

表 7 盐田污水处理厂提标改造保障方案成本及效益

Tab. 7 Cost and effect of production maintaining measures during Yantian WWTP upgrading period

项 目	成本	效益
分组改造	按工程量结算, 无增加费用	避免了二级生化全停产改造, 减少 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水外溢
碰管优化	利用管网、构筑物蓄水	10 次碰管合计减少 $11 \times 10^4 \text{ m}^3$ 污水外溢

3 建议

罗芳、南山、盐田污水处理厂升级改造工程建设期间, 通过优化施工组织、污水调配、分流处理等措施, 较好地完成了提标改造施工、生产保障的双重任务, 出水水质稳定达标。结合本次提标改造实施经验, 建议污水厂生产保障措施的制定应重点考虑以下几方面:

① 应结合污水系统专项布局规划综合考虑各污水处理厂提标改造的顺序,尽量避免出现同一系统污水处理厂同时改造的情况。同时,在规划层面也应尽早考虑污水调配的通道,为污水处理厂提标改造期间降低来水量创造条件。从本次实施经验来看,污水调配措施不仅实施难度低,而且对改造施工造成的影响也较小,是污水厂生产保障应首先考虑的措施。

② 初步设计中必须提前进行生产保障方案的设计,这对改造工艺的选择具有重要影响。在考虑了可采取的污水调配措施后,合理利用集约化工艺设计,分期建设的污水处理厂尽量在其中一期工程中完成改造,未分期的污水处理厂尽量分组改造。必要时,在改造期间可采取增加固定填料、增设可移动曝气装置、PAC 与 PAM 联合除磷等简易改造措施,提高现有设施(特别是建设年代较早的设施)最大运行能力以及氨氮、总磷等关键指标的保障能力,这一点需在后续的污水厂提标改造中进行探索。

③ 采取污水调配、分组改造措施后仍无法接纳的超量污水,可结合用地情况增设污水分流处理设施。分流处理装置优先设于污水处理厂内,可利用加药间、深度处理等具备延后建设条件的用地来部署装置,完成现有设施改造后再行拆除。如污水处理厂内用地确实无法提供,可将分流处理装置设置于上游污水泵站,但因污水泵站仅设粗格栅,需关注来水垃圾量的情况。分流处理装置的出水水质宜结合排放标准确定。

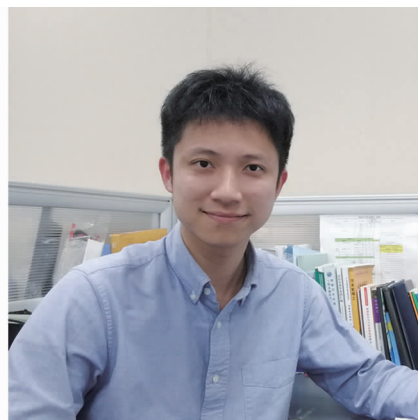
④ 结合施工方案,提前梳理所有管路改造、配电改造、新旧构筑物连通等设施产能影响较大但时间较短的施工,尽量同步实施或安排在旱季、节假日、夜间等来水量低峰期实施。同时,尽量利用上游污水管网、厂内闲置构筑物蓄存污水,也可采取水下作业等不停水作业措施。

⑤ 由于整个施工期跨度很长,保障方案的实施是一个动态过程,期间进水水质、水量甚至外部运行条件都可能发生变化,需要对生产保障措施进行动态调整。污水处理厂人员需要加强与施工人员的

配合,及时做好生产调整,避免出现生产水量、水质波动。

参考文献:

- [1] 郑兴灿. 城镇污水处理厂一级 A 稳定达标技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
Zheng Xingcan. Technologies for Compliance with Discharge Standard of WWTP in China[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015 (in Chinese).
- [2] 沈煜,潘建仲,朱靖鑫. 污水处理厂升级改造期间的污染物减排措施[J]. 中国给水排水,2012,28(12):101-104.
Shen Yu, Pan Jianzhong, Zhu Jingxin. Emission reduction measures during upgrading and reconstruction of wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(12): 101-104 (in Chinese).
- [3] 苏平. 现有污水处理厂提标升级改造与施工期间生产运行的调度控制优化[J]. 净水技术,2017,36(8):105-109.
Su Ping. Upgrading and reconstruction of existing wastewater treatment plant and optimization of production and operation control during the construction[J]. Water Purification Technology, 2017, 36(8): 105-109 (in Chinese).



作者简介:钟昊亮(1985-), 男, 广东紫金人, 硕士, 工程师, 深水集团生产运营部排水业务经理, 从事水务运营管理工作。

E-mail: 17796312@qq.com

收稿日期:2018-04-01