

城镇污水处理厂提标改造工作流程探讨

李鹏峰¹, 郑兴灿¹, 李 激², 何伶俊³, 孙永利¹, 吕 贞⁴, 隋克俭¹,
王 燕², 杨 敏¹, 郭亚琼¹, 李家驹¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 2. 江南大学 环境与土木工程
学院, 江苏 无锡 214122; 3. 江苏省住房和城乡建设厅 城建处, 江苏 南京 210036; 4. 常州
市排水管理处, 江苏 常州 213017)

摘 要: 《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2018)于2018年6月1日颁布实施,明确要求江苏省太湖地区城镇污水处理厂在一级A排放标准的基础上再提标。结合我国一级A提标改造经验及新一轮提标改造要求,通过对江苏省现有城镇污水处理厂的调研梳理,提出了提标改造的基本工作流程,流程涵盖了开展技术评估、提出优化措施、强化源头管控、优化运行管理、提出工程措施、编制工程方案、论证工程方案、工程设计、施工建设、运转调试、优化运行管理等工作,并重点对污水处理厂提标前的技术评估工作内容进行分解和说明。该城镇污水处理厂提标改造工作流程已纳入《江苏省太湖地区城镇污水处理厂DB 32/1072 提标技术指引(2018版)》,用于指导江苏省新一轮的提标改造工作。

关键词: 太湖地区; 水污染排放限值; 提标改造; 工作流程; 技术评估

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0014-06

Discussion on Workflow of Upgrading and Reconstruction in Municipal WWTP

LI Peng-feng¹, ZHENG Xing-can¹, LI Ji², HE Ling-jun³, SUN Yong-li¹, LÜ Zhen⁴,
SUI Ke-jian¹, WANG Yan², YANG Min¹, GUO Ya-qiong¹, LI Jia-ju¹

(1. North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 2. School of Environment and Civil Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Urban Construction Department of Housing and Urban-Rural Construction Department of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China; 4. Changzhou Drainage Management Office, Changzhou 213017, China)

Abstract: Discharge Standard of Main Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant & Key Industries of Taihu Area (DB 32/1072 - 2018) explicitly requires WWTP in Jiangsu Province of Taihu area to upgrade on the basis of the first level A (GB 18918 - 2002), which was promulgated and implemented on June 1st, 2018. Combined with the experience of the first level A upgrading and demand of new round bid upgrading, workflow of upgrading and reconstruction was proposed by practical investigation and carding issues in Jiangsu Province. The workflow included carrying out technical evaluation, proposing optimization measures, strengthening source control, optimizing operation management, providing project measures, working out project scheme, demonstrating project scheme, designing project, construction, operation and commissioning, optimizing operation management. The technical assessment before upgrading was mainly explained. The workflow has been taken into The Technical Guideline of WWTP in Jiangsu Province of Taihu Area Upgrading to DB 32/ 1072 (2018)

which is guiding new upgrading of WWTPs in Jiangsu Province.

Key words: Taihu area; discharge standard of main water pollutants; upgrading and reconstruction; workflow; technical assessment

1 背景

《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2018)于2018年6月1日颁布实施,明确要求江苏省太湖地区城镇污水处理厂在一级A排放标准的基础上再提标,新标准重点针对的污染物指标为COD、氨氮、TN和TP,并要求新建企业从2018年6月1日起执行,现有企业从2021年1月1日起执行,详见表1、表2。

表1 太湖流域一、二级保护区内主要水污染物排放限值

Tab.1 Discharge standard of main water pollutants of the first and second grade protected areas in Taihu basin

项 目	COD	氨氮	TN	TP
排放限值	40	3(5)	10(12)	0.3
注: ①括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。 ②缙丝、麻纺、无机化学、磷肥、硫酸、造纸工业废水水温≤12℃时,TN仍按10 mg/L标准执行。				

表2 太湖地区其他区域城镇污水处理厂主要水污染物排放限值

Tab.2 Discharge standard of main water pollutants of the other areas in Taihu area

项 目	COD	氨氮	TN	TP
排放限值	50	4(6)	12(15)	0.5
注: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。				

从表1、2可知,太湖流域一、二级保护区内城镇污水处理厂出水COD、氨氮、TN、TP的排放限值均较一级A排放标准值有所降低,太湖地区其他区域城镇污水处理厂主要水污染物排放限值中氨氮和TN较一级A排放标准值有所下降。面临新一轮提标改造的工作要求及时间节点,对现有污水处理厂运行的主要问题,以及达标难点、提标工艺的选取、提标改造工作的系统开展等相关问题的解决迫在眉睫,亟需尽快梳理新一轮提标改造的工作流程,及时有效指导提标改造工作。为此,受江苏省住房和城乡建设厅委托,中国市政工程华北设计研究总院有限公司联合江南大学开展了新一轮提标改造工作流程的梳理工作,并通过系统调研、座谈、专家咨询、试验模拟等方式开展研究,提出了城镇污水处理厂提

标改造的基本工作流程,目前已纳入2018年12月21日江苏省住建厅发布的《江苏省太湖地区城镇污水处理厂DB 32/1072 提标技术指引(2018版)》,正在指导江苏省新一轮的提标改造工作。

2 调研与咨询

调研与咨询是污水处理厂提标改造之前的重要前期工作,构建了多维度的调研方案,具体方案如图1所示。

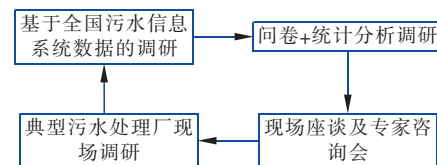


图1 城镇污水处理厂调研方案

Fig.1 Investigation scheme of WWTP

该方案涵盖了基于全国污水信息系统数据的调研、问卷+统计分析调研、现场座谈及专家咨询会和典型污水处理厂现场调研等内容,以全面系统地识别待提标污水处理厂的运行问题、达标难点和提标技术需求。

第一步,以各待提标污水处理厂上报至“全国城镇污水处理管理信息系统”的历年月报数据为基础,经统计分析,初步识别待提标污水处理厂的水质水量特征及达标难点。

第二步,设计调查问卷并收集各待提标污水处理厂的日报数据,进一步开展问题梳理及数据统计分析,系统识别污水处理厂的水质问题、工艺问题、设备仪表问题和运行管理问题等,形成初步的调研报告。

第三步,针对调研报告开展污水处理厂运行管理人员现场座谈,对所识别问题进行反馈、沟通和完善,逐步梳理出提标改造工作面临的共性问题 and 个性问题,并通过专家咨询的方式进行问题及解决措施咨询。

最后,甄选涵盖共性问题和个性问题的典型污水处理厂开展现场评估诊断,通过试验验证的方式进行提标改造技术措施的研究。

在图1所示的调研方案中,四项调研内容是环

环相扣、逐步推进的关系,基于全国污水信息系统数据的调研可初步识别提标改造问题及难点,问卷+统计分析调研可对问题及难点进一步确认和完善,现场座谈及专家咨询会可对梳理的问题及难点进行反馈和咨询,完善问题并咨询解决措施,典型污水处理厂的现场调研是所梳理问题的实地确认,并开展技术措施研究和验证,最终形成“一厂一案”模式的调研报告。

3 提标改造工作流程

结合调研成果及我国城镇污水处理厂一级 A 提标改造已有经验,系统构建城镇污水处理厂提标改造工作流程,涵盖了开展技术评估、提出优化措施、强化源头管控、优化运行管理、提出工程措施、编制工程方案、工程设计、施工建设、运转调试、优化运行管理等工作内容,具体流程如图 2 所示。

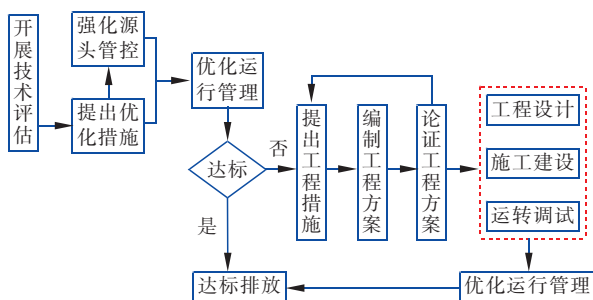


图 2 提标改造工作流程

Fig. 2 Workflow of upgrading and reconstruction

工作流程的内在逻辑关系:提标改造前首先应开展技术评估工作,针对评估结果提出优化措施(含强化源头管控)并实施,能够稳定达标时达标排放,不能稳定达标时需要进一步提出工程措施,编制工程方案,并开展专家评审,论证工程方案,不断完善工程方案直至达到要求,之后按照工程方案开展工程设计、施工建设和运转调试,正常运行后还要继续开展优化运行管理,以保障稳定达标并兼顾节能降耗。

4 技术评估

待提标污水处理厂的技术评估工作是提标改造的重要前期工作,包括但不限于源头管控调查、水质水量特征分析、主要达标影响因素识别、关键指标达标难点分析、工艺运行效能测试、设备仪表及电气自控评估、用地调查、运行管理能力评估以及建设时序与预案研究等主要内容,如图 3 所示。

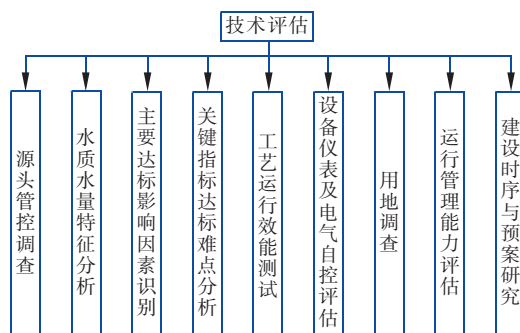


图 3 技术评估工作内容

Fig. 3 Working contents of technical assessment

① 源头管控调查

源头管控调查是保障污水厂进水水质及水量稳定的重要工作,对服务区内的生活污水、工业废水、重金属、难降解污染物、河湖水、施工降水或基坑排水入管网情况、管网运行监管系统、运维保障计划、厂-站-网联调度机制及管理平台等进行排查梳理,识别问题并及时解决。

② 水质水量特征分析

水质水量特征分析是将待提标污水处理厂的历年进出水日报数据进行统计分析,水量方面主要是分析水量的波动区间及峰值系数,水质方面,进水主要统计 COD、TN、TP、氨氮等指标的波动情况,有效识别其波动特征及峰值,为提标方案提供数据支撑。针对出水水质,设计了达标难度评估表(如表 3 所示),以现有工艺出水水质为基础,以最新主要污染物排放限值为标准,开展统计对比分析,对主要污染物指标进行达标难度初步判定。“容易”等级意味着可能仅通过优化运行即可满足新标准要求;“一般”等级意味着优先采用优化运行措施,当优化运行后无法达标时,则采用工程措施;“困难”等级意味着达标难度较大,可能需要工程措施才能达到稳定达标的目标。

表 3 出水水质达标难度评估

Tab. 3 Difficulty assessment of effluent quality reaching the standard %

达标难度等级评估	容易	一般	困难
保障率	≥90	70 ~ 90	≤70
注: 保障率指目前出水指标达到新标准的累积频率。			

图 4 为某污水处理厂的出水 TN 统计分析图。可知,现有工艺出水 TN ≤ 10 mg/L 的比例为 90%,意味着现有工艺出水 TN 仅有 10% 达不到新标准的

要求,可以判定其达标难度等级为“容易”。

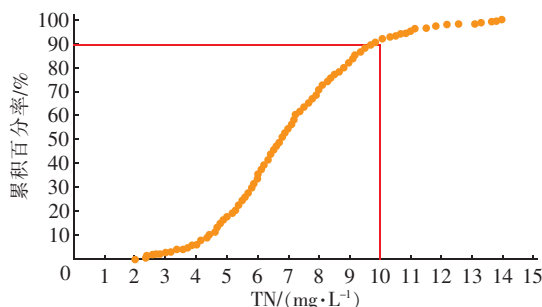


图4 某污水处理厂的现有工艺出水 TN 累积频率分布

Fig. 4 Cumulative frequency distribution of effluent TN in a WWTP

③ 达标影响因素识别

a. SS/BOD₅ (或 SS/COD)

对于以生活污水为主的城镇污水,进水 SS/COD 比值或 SS/BOD₅ 比值可在一定程度上反映进水无机组分的含量情况及对活性污泥产率和污泥活性的影响^[1],比值越大,表明进水 SS 中无机组分所占的比例越高,污泥产率越大,活性污泥的有机组分含量越低。当 SS/BOD₅ > 1.5 时,表明进水中无机悬浮固体组分含量偏高,在提标建设时应采取强化沉砂效果的措施、设置初沉池或具有同等功能的设施,以强化对进水无机悬浮固体的去除。

b. BOD₅/TN (或 COD/TN)

城镇污水 BOD₅/TN (或 COD/TN) 比值是影响生物脱氮效果的最关键因素^[1],出水 TN 稳定达标所需的碳源量主要取决于需反硝化去除的 TN 量。进水 TN 浓度越高,稳定达标所需的进水 BOD₅/TN (或 COD/TN) 比值也越高,如果进水 TN 浓度较低,则达标所需的 TN 去除率不高,同时微生物合成(自身生长)的同化作用可去除部分 TN,即使 BOD₅/TN (或 COD/TN) 比值较低,出水 TN 浓度也能够稳定达标。当进水 TN 浓度较高时,除微生物合成(自身生长)的同化作用可去除部分 TN 以外,常规生物除磷脱氮系统去除 1 mg/L 硝态氮通常需 5 mg/L 左右的 BOD₅,当系统内碳源不足时则考虑投加合适的外碳源。

c. BOD₅/TP (或 COD/TP)

城镇污水 BOD₅/TP 比值是影响生物除磷效果的关键因素,当进水 BOD₅/TP > 20 时,可认为具备了较好的生物除磷碳源条件,应尽量充分利用生物除磷能力去除 TP,一般情况下,充分发挥生物除磷

能力后,出水 TP 可以稳定达到 1 mg/L 以下,但低于 0.3 mg/L 则较大的不确定性,必要时需辅助化学除磷。总体原则是充分发挥工艺的生物除磷作用,减少后续化学除磷药剂的投加量,实现生物除磷和化学除磷的有机组合。

d. 低水温的影响分析

水温会明显影响活性污泥的微生物,尤其是硝化菌的性能,从而影响 NH₃-N 达标。硝化反应最佳水温为 25~30℃,水温 < 15℃ 时,硝化速率会急剧降低,水温 < 12℃ 时硝化速率下降至 20℃ 时的 50% 以下。对低水温时段的水温和出水 NH₃-N 进行统计分析,必要时可采取硝化生物量及硝化菌活性的提升措施。

④ 关键指标达标难点分析

a. COD

出水 COD 达标难点为进水中含有较高浓度的溶解性难生物降解 COD。应测定进出水中溶解性难生物降解 COD 的浓度并追溯其来源。重点关注化工、制药、印染等工业废水的影响,提出源头控制措施。

b. NH₃-N

出水 NH₃-N 达标受水温、HRT、DO、pH、碱度、MLVSS/MLSS、污泥浓度等因素的综合影响。应关注高氨氮废水、硝化抑制物质等的冲击影响,并追溯其来源,提出源头控制措施。达标难点是低水温导致的硝化能力下降。

c. TN

出水 TN 达标受进水 BOD₅/TN (或 COD/TN)、进水碳源构成及分配、泥龄、水温、混合液回流比、缺氧环境(HRT、DO、混合条件、ORP)、外部碳源投加(种类、点位、投加量)等因素影响。

d. TP

生物除磷系统出水 TP 达标受进水 BOD₅/TP (或 COD/TP)、进水碳源构成及分配、pH、泥龄、水温、厌氧环境(停留时间、DO、混合条件、ORP、硝态氮)等因素影响;化学除磷系统出水 TP 达标受药剂种类、投加点、投加量、混合条件(方式、时间、强度)等因素影响。

⑤ 工艺运行效能测试

在编制提标技术方案前,宜自行或委托专业机构对拟提标城镇污水处理厂开展工艺全流程效能测试与评估,具体内容见表 4。

表 4 污水处理厂工艺全流程效能测试与评估

Tab.4 Full flow effectiveness test and assessment of WWTTP

项目	方法	评估内容及方法
预处理系统	现场调研 测试	①进水泵提升效能、大小泵匹配情况和自控水平、应对水量波动能力； ②格栅级配是否合理，细格栅及超细格栅的拦截效能，是否返混回渣； ③沉砂池的实际水力停留时间或表面水力负荷，是否有效出砂，砂水分离器运行效果； ④初沉池/初沉发酵池/厌氧水解池运行状态，泥龄/排泥时间控制是否合理，进出水水质改善情况； ⑤进水泵出口、沉砂池跌水区、初沉池出水堰等区域是否存在跌水复氧现象 ^[2]
生物处理系统	现场调研 测试及 模拟试验	①功能区布局及水力停留时间，进水点及内外回流点的布置，设备仪表点位及运行现状； ②功能区的可调节能力评估，如好氧区供气量、内外回流泵流量、分点进水及流量等； ③活性污泥的性能测试，如厌氧释磷、反硝化、硝化和耗氧速率，反硝化除磷能力、MLVSS/MLSS、SVI 等； ④各功能区氮磷去除效能评估，根据进水水质特性、不同功能区工艺参数、活性污泥能力测试结果，通过物料平衡对比功能区实际测试数据，评估生物系统的氮磷去除效果及优化潜力，进水点、回流点等跌水复氧点排查 ^[3] 等； ⑤开展模拟试验，如碳源投加强化反硝化、化学除磷药剂投加等试验
深度处理系统	现场调研 测试及 模拟试验	①梳理各功能区的布局及其污染物去除目标，分析各功能区运行效果； ②开展主要功能区生产性测试，结合功能区污染物去除目标进行评估； ③必要时开展模拟试验，如通过试验验证高级氧化、活性炭/活性焦、磁分离等对溶解性 COD、色度、TP、SS 等的去除效果

⑥ 设备仪表及电气自控评估

对设备、仪表及自控水平进行总体评估，包括核心设备运行和调控能力、在线仪表布设及运行维护情况、自控系统建设和运行效果（对水质水量和运行环境变化的监控和响应能力），同时兼顾电气系统的容量配置评估。

⑦ 用地调查

提标建设用地是污水处理厂的提标建设基础条件，直接影响着提标建设的工艺选择、方案制定、投资预算、提标周期、运行管理等，应尽早确定可用于提标建设的用地条件，以地定厂。

⑧ 运行管理能力评估

运行管理人员的管理能力对污水厂的稳定运行

至关重要，高标准污水处理厂的管理将逐渐从粗放式向精细化转变，污水处理厂运行管理人员应逐步具备对污水处理工艺、设备、仪器仪表等运行状况的评估能力，保障污水处理厂工艺运行稳定性。

⑨ 建设时序与预案研究

建设时序即污水处理厂的建设时间顺序，应先开展与待提标污水处理厂相关的厂、网、站之间调度能力评估，判断是否有全部或部分调水至其他污水处理厂、站的条件，分析先扩建后改造或分组提标的可能性，并制定提标建设期间的运行风险控制预案，在准备工作就绪后，再开展提标工程建设。具体实施内容如下：

a. 综合管理措施

在提标建设初期，及时与生态环境部门和城镇排水主管部门沟通协调，告知提标建设期间的处理规模、运行难点、达标考核及可能发生的不利情况等，制定提标建设期间的运行风险控制预案，建立协调统一工作机制，实现从管理层到执行层的信息及时共享和资源互补，保障提标改造期的工程建设和水质达标。

b. 运行保障措施

运行保障措施从技术和人员两方面进行综合考虑。在技术方面，应先进行厂、网、站调度能力评估，研判是否有全部或部分调水至其他污水处理厂的条件，降低建设期工艺运行压力。其次开展提标改造期运行能力余量评估，制定工艺分组改造措施，并结合投加碳源和除磷药剂等强化除磷脱氮措施，保障建设期的出水达标，改造时尽量避开雨季（水量波动大）、冬季（水温较低）的不利时间段。在人员方面，需要对技术人员进行提标建设期间的运行风险控制预案培训，提高运行保障措施的高效性和及时性。

5 结论

针对《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》（DB 32/1072—2018）的实施要求，通过对江苏省现有城镇污水处理厂的实际调研和问题梳理，总结已有提标建设经验，提出了城镇污水处理厂提标改造的基本工作流程，并对较为重要的技术评估工作进行了具体内容分解及说明，为江苏省新一轮提标改造工作提供了指导。目前提标改造工作流程已纳入 2018 年 12 月 21 日江苏省住建厅发布的《江苏省太湖地区城镇污水处理

厂 DB 32/1072 提标技术指引(2018 版)》,并正在指导江苏省新一轮的提标改造工作。

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] 李鹏峰,孙永利,隋克俭,等. 污水厂预处理系统跌水复氧对碳源的消耗及其对策[J]. 中国给水排水,2015,31(7):10-12.
Li Pengfeng, Sun Yongli, Sui Kejian, et al. Consumption of carbon source by waterfall reoxygenation of pretreatment system in WWTP and countermeasures[J]. China Water & Wastewater,2015,31(7):10-12(in Chinese).
- [3] 孙永利,李鹏峰,隋克俭,等. 内回流混合液 DO 对缺氧池脱氮的影响及控制方法[J]. 中国给水排水,2015,31(7):81-84.
Sun Yongli, Li Pengfeng, Sui Kejian, et al. Impact of

dissolved oxygen in internal reflux mixture on nitrogen removal in anoxic tank and its control measures[J]. China Water & Wastewater,2015,31(7):81-84(in Chinese).



作者简介:李鹏峰(1981-),男,河北新乐人,硕士,高级工程师,主要从事污水处理技术、设备研发工作。

E-mail:lipengfengtj@163.com

收稿日期:2019-07-19

(上接第13页)

- [7] 张永利,应年华,郑伟达,等. 嵊泗县海水淡化水水质研究与分析[J]. 中国卫生检验,2007,17(2):371-372,384.
Zhang Yongli, Ying Nianhua, Zheng Weida, et al. Research and analysis on water quality of seawater desalination water in Shengsi County[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2007, 17(2):371-372,384(in Chinese).
- [8] 王晓楠,潘献辉,刘昱,等. 反渗透膜法海水淡化产品水水质影响因素分析[J]. 中国给水排水,2015,31(8):37-42.
Wang Xiaonan, Pan Xianhui, Liu Yu, et al. Analysis of influencing factors of quality of product water from seawater desalination by reverse osmosis membrane[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(8):37-42(in Chinese).



作者简介:王晓楠(1985-),女,辽宁大连人,硕士,工程师,主要研究方向为反渗透海水淡化水质及饮水健康。

E-mail:wangxiaonan0306@sina.com

收稿日期:2019-02-26