

水环境综合整治

东莞市城镇污水处理提质增效潜力分析

戴永康, 罗 锋, 温巧贤

(东莞市水务投资有限公司, 广东 东莞 523080)

摘 要: 近年来,东莞市加快城市生活污水收集处理系统“提质增效”,全面提升污水处理能力。根据东莞市部分城镇污水处理厂和污水管网运行的实际情况,测算污水处理厂提标到准Ⅳ类水和完善截污管网两种情形下的污染物削减量提升潜力,并对污水处理提质增效经济效益进行分析。结果表明,若将城镇污水处理厂出水全部提标到准Ⅳ类,新增COD、氨氮削减量可分别达到1 715.05、125.73 t/a,若推动东莞市污水管网全覆盖以及老旧污水管网改造和修复改善,则新增COD、氨氮削减量分别为56 570.99、11 056.60 t/a。因此,提升污水管网收集处理能力比污水处理厂全部提标的效果更显著,同时提出污水处理提质增效中“厂网并重”“厂网一体”和“智慧厂网”三方面建议,以科学持续地提升东莞市污水处理效能。

关键词: 城镇污水处理; 提质增效; 污水管网; 提标改造; 准Ⅳ类标准

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0001-06

Potential Analysis of Quality and Efficiency Improvement of Municipal Wastewater Treatment in Dongguan

DAI Yong-kang, LUO Feng, WEN Qiao-xian

(Dongguan Water Investment Co. Ltd., Dongguan 523080, China)

Abstract: In recent years, the quality and efficiency improvement of the collection and treatment system of municipal wastewater was accelerated in Dongguan, and the wastewater treatment capacity was comprehensively enhanced. According to the actual operation situation of some municipal wastewater treatment plants and wastewater networks in Dongguan, this paper calculated the potential of pollutant reduction under the conditions of upgrading standard to quasi-Ⅳ and improving wastewater networks, and then also analyzed the economic benefits of quality and efficiency improvement of wastewater treatment. The results were as follows: If the effluent standard of municipal wastewater treatment plants were all upgraded to the quasi-Ⅳ standard, the COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ reduction capacity could be increased by 1 715.05 t/a and 125.73 t/a, respectively; if the full coverage of the wastewater networks in Dongguan and repair of the old drainage networks were promoted, the COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ reduction capacity could be increased by 56 570.99 t/a and 11 056.60 t/a, respectively. Thus, the improvement effect on the collection and treatment capacity of wastewater networks was more significant than that of the municipal wastewater treatment plants. At the same time, this paper presented three relevant suggestions including

equal importance, synchronous operation and automated management of wastewater treatment plants and networks in order to scientifically and steadily improve the wastewater treatment performance in Dongguan.

Key words: municipal wastewater treatment; quality and efficiency improvement; wastewater networks; upgrading and reconstruction; quasi-IV standard

《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》,要求加快完善城市生活污水收集处理系统和削减合流制溢流污染。唐建国等^[1]认为“提质增效”三年行动计划的重点在于改善污水收集系统,在深入排查的基础上,重点解决污水直排、清污不分、旱季管道超负荷、污水处理厂进水浓度偏低、管道积泥多等问题,从而实现污水不进河、清水不进管、溢流少污染,支撑消除城市黑臭水体整治和巩固提升整治成效。

预计到2020年底,广东省东莞市将完成35家污水处理厂的提标改造工程,累计建成5 500 km截污管网,逐渐构建成为一个完整的污水治理体系。但在已建污水处理厂和污水管网运维过程中逐渐发现了一些问题,夏文林等^[2]的研究指出东莞市各镇区现状排水体制多数为雨污合流制,雨水和污水排放没有形成系统,大量的雨污合流水溢流进入河道,直接对河涌水体造成污染。另外黄泽慧^[3]的研究也指出在东莞市城市污水管网中,无论是主干管网还是截污管网均存在大量混接、错接情况,实际运营中

污水厂进水量和进水浓度与理论设计值均不匹配,导致运营难度增大和成本增加。提标改造工程陆续投产后,东莞市污水处理厂将普遍执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准及广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)地方标准中的最严值,但尾水污染物浓度仍然难以满足日益严格的排放标准和环境监管。

为了科学持续提升东莞市的污水处理效能,结合该市污水处理现状,分别对城镇污水处理厂出水标准提升至地表水Ⅳ类和污水管网完善工程进行效益分析,对比两者提升污染物削减潜力,合理提出城镇污水处理提质增效的侧重点。

1 东莞市污水处理提质增效潜力分析

1.1 城镇污水处理厂处理现状

根据东莞市城镇污水处理厂的实际情况,研究对象选定为12座已稳定运行的城镇污水处理厂。根据2018年东莞市污水处理厂实际执行的排放标准进行分类,12座污水处理厂的具体情况如表1所示。

表1 东莞市12座城镇污水处理厂现状

Tab. 1 Present situation of 12 municipal wastewater treatment plants in Dongguan

项 目	处理规模/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	现行出水标准	投产时间	核心工艺
WWTP-1	2	一级B+地方标准	2006年	前置厌氧段回转式氧化沟
WWTP-2	5	一级B+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-3	10	一级A+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-4	0.25	一级A+地方标准	2016年	水解酸化+接触氧化
WWTP-5	4	一级A+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-6	10	一级B+地方标准	2015年	MSBR生物处理
WWTP-7	20	一级B+地方标准	2004年	A ² /O
WWTP-8	20	一级B+地方标准	2013年	A ² /O
WWTP-9	4	一级A+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-10	5	一级A+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-11	3	一级A+地方标准	2017年	改良AAO
WWTP-12	20	准Ⅳ类+地方标准	2017年	改良AAO

1.2 城镇污水处理厂提标改造潜力分析

由表1可知,各目标污水处理厂实际执行的出水标准,分为“准Ⅳ类+地方标准”“一级A+地方

标准”和“一级B+地方标准”三类,对应的污水处理规模分别为 20×10^4 、 26.25×10^4 和 $57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据陈玮等^[4]的研究方法,计算12座城镇污水处理

厂提标改造新增污染物削减量理论值,结果如表 2 所示。

表 2 东莞市城镇污水处理厂提标改造污染物削减理论值

Tab. 2 Theoretical value of pollutant reduction through upgrading of municipal wastewater treatment plants in Dongguan

项 目	污水处理规模/(10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	COD			氨氮		
		原设计出 水标准/ (mg · L ⁻¹)	提标后出 水标准/ (mg · L ⁻¹)	新增削减 量理论值/ (t · a ⁻¹)	原设计出 水标准/ (mg · L ⁻¹)	提标后出 水标准/ (mg · L ⁻¹)	新增削减 量理论值/ (t · a ⁻¹)
准Ⅳ类 + 地方标准	20	30	30	0	1.50	1.50	0
一级 A + 地方标准	26.25	40	30	958.13	5	1.50	287.44
一级 B + 地方标准	57	40	30	2 080.50	8	1.50	1 248.30
合计	103.25			3 038.63			1 535.74

由表 2 可知,若将 12 座城镇污水处理厂全部提升至准Ⅳ类,新增 COD 削减量约 3 000 t/a、新增氨氮削减量约 1 500 t/a,表明提标改造有效提升了污水处理效益,但效果不明显。鉴于全国污水处理厂运营管理水平不断提高,污水排放监督力度的逐渐严格,东莞市部分城镇污水处理厂出水的年均 COD 和氨氮浓度已经达到甚至优于准Ⅳ类标准,因此,不能根据上述计算结果作为新增污染物削减量。

为此,对目标污水处理厂的出水情况进行深入分析,目前执行准Ⅳ类标准的污水处理厂尾水的

COD 和氨氮加权平均值分别为 10.00 mg/L 和 0.15 mg/L,假设目标污水处理厂全部提标改造后尾水污染物都能达到同一水平,则新增污染物削减量实际值 = (实际出水加权平均值 - 改造后可望达到限值) × 污水处理规模。根据东莞市城镇污水处理厂实际运行排放情况(见表 3),各目标污水处理厂提标改造到准Ⅳ类出水标准,新增 COD 和氨氮削减量分别为 1 715.05、125.73 t/a。结果显示,相对于改造所投入的工程费用,污染物削减效能提升的幅度十分有限,投入产出已经不具备经济合理性。

表 3 东莞市城镇污水处理厂提标改造污染物削减实际值

Tab. 3 Actual value of pollutant reduction through upgrading of municipal wastewater treatment plants in Dongguan

项 目	污水处理规模/(10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	COD			氨氮		
		实际出水加 权平均值/ (mg · L ⁻¹)	改造后可望 达到限值/ (mg · L ⁻¹)	新增削减 量/ (t · a ⁻¹)	实际出水加 权平均值/ (mg · L ⁻¹)	改造后可望 达到限值/ (mg · L ⁻¹)	新增削减 量/ (t · a ⁻¹)
准Ⅳ类 + 地方标准	20	10.00	10.0	0	0.15	0.15	0
一级 A + 地方标准	26.25	14.22	10.0	404.33	0.42	0.15	25.87
一级 B + 地方标准	57	16.30	10.0	1 310.72	0.63	0.15	99.86
合计	103.25			1 715.05			125.73

1.3 城镇污水管网提质潜力分析

东莞市市政排水远景目标是实现初期雨水的完全分流,市政污水经收集后进入污水处理厂进行处理,雨水则由雨水管道收集、处理和排放。目前东莞市部分城镇污水处理厂进水污染物浓度低于设计值,为此正加快进行河涌沿岸截污和现有污水管网的完善,以解决部分城镇污水处理厂负荷率低和进水污染物浓度偏低等问题,这也从侧面说明了东莞市城镇污水管网存在很大的提升空间。

从污染物总量平衡的角度,采用产污系数法估算出所在地区相对合理的进水污染物浓度。根据东莞市的城镇居民生活污水产生量及其污染物浓度、排放系数^[4],考虑到输送过程中 COD 降解率为

20%、氨氮浓度基本保持不变的情况下,通过计算得出相对合理的进水污染物 COD 和氨氮浓度,并将其作为进水浓度理论值,进而计算得出完善污水收集系统后将带来的污染物削减量理论值,即:理论新增污染物削减量 = (进水污染物理论值 - 进水污染物实际值) × 污水处理规模。

完善污水管网可能带来的污染物削减量如表 4 所示,通过对现状污水管网进行查漏补缺,理论上可将 COD 和氨氮的削减量分别增加 56 570.99 t/a 和 11 056.60 t/a,分别是将目标污水处理厂提标改造到准Ⅳ类可新增削减量的 33 倍和 88 倍。结果表明,与城镇污水处理厂提标到准Ⅳ类标准相比,完善污水管网带来的综合效益更加显著。

表4 完善污水管网可能带来的污染物削减量

Tab.4 Potential of pollutants reduction via improving sewer networks

项 目	处理规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	进水 COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		新增 COD 削 减量/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	进水氨氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		新增氨氮削 减量/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)
		实际值	理论值		实际值	理论值	
WWTP-1	2	194	315.20	884.76	13.69	43.31	216.23
WWTP-2	5	232	315.20	1 518.40	14.00	43.31	534.91
WWTP-3	10	104	315.20	7 708.80	9.48	43.31	1 234.80
WWTP-4	0.25	138	315.20	161.70	13.64	43.31	27.08
WWTP-5	4	147	315.20	2 455.72	10.91	43.31	473.04
WWTP-6	10	131	315.20	6 723.30	13.71	43.31	1 080.40
WWTP-7	20	137.6	315.20	12 964.80	16.90	43.31	1 927.93
WWTP-8	20	177.6	315.20	10 044.80	15.00	43.31	2 066.63
WWTP-9	4	111	315.20	2 981.32	11.65	43.31	462.24
WWTP-10	5	129	315.20	3 398.15	11.70	43.31	576.89
WWTP-11	3	144	315.20	1 874.64	9.51	43.31	370.11
WWTP-12	20	235	315.20	5 854.60	14.73	43.31	2 086.34
合计	103.25			56 570.99			11 056.60

2 城镇污水处理提质增效投资效益分析

2.1 投资效益分析

随着东莞治水工作的不断发展,各批次截污管网相继完工通水,城市的截污管网系统得到完善,污水收集率提高。但是,现阶段排水体制基本为雨污合流制,除少数新建住宅小区和道路有相对独立完善的分流制雨、污管渠外,其他地方将污水管道直接接入市政雨水系统或者附近的河涌,导致河涌水体受到污染。另外,污水处理厂的进水量和浓度低于设计值,未能发挥应有的治污效益^[3]。

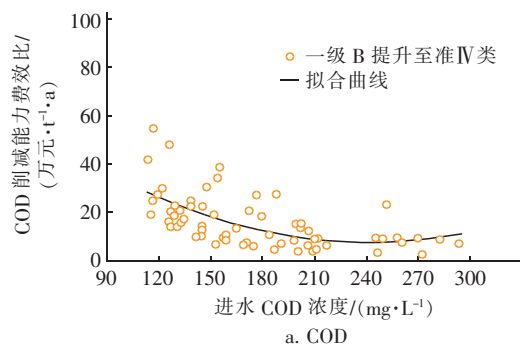
为提高东莞市污水处理设施运营管理质量,保证全市截污管网运营的整体性,盘活主干管网沉淀资产,缩短截污管网维修、整改时间,实现全市截污管网运营责权统一,《东莞市城市黑臭水体治理攻坚战实施方案》要求:①加快推进截污管网建设,全面提高污水收集率,截至2018年底,全市新建截污管网1 525 km,以1 075万元/km估算。②全面提高管网运营质量,开展污水入网情况勘查,彻底摸清管网系统中错接、漏接以及河涌水倒灌等问题,完成现有污水管网改造,确保进水浓度全面提升。③实施全市镇街截污主干管网及市区污水厂配套管网的维护维修、整改工作一体化运营。以2018年已实施项目(1 182.73 km)为参考,以摸排问题、维护维修为主,以60万元/km估算。

基于前述研究结果,对于城镇污水处理厂出水标准从一级A提标到准IV类,按照单位投入500元/ m^3 估算;从一级B提升到准IV类,按照单位投入

1 000元/ m^3 估算,对污水处理厂提标改造的经济效益进行简单分析^[4]。将目标污水处理厂出水标准全面提标到准IV类,投资约7.01亿元,则污染物削减能力费效比:COD约为40.89万元/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),氨氮约为557.54万元/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)。完善污水管网提升收集效能所需投资约171.13亿元,则污染物削减能力费效比:COD约为30.25万元/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),氨氮约为154.78万元/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)。

2.2 提质增效侧重点分析

理想情况下的城镇污水处理提质增效投入分析结果显示,提高污水管网覆盖率以及老旧污水管网改造和破损修复能够显著提升城镇污水处理厂COD、氨氮削减效能。通过对各城镇污水处理厂实际运行中进水COD、氨氮浓度与投入产出费效比进行曲线拟合,分析东莞市污水处理提质增效侧重点。东莞市执行一级B和一级A标准的城镇污水处理厂出水提升至准IV类,COD、氨氮削减能力费效比拟合结果分别如图1、2所示。



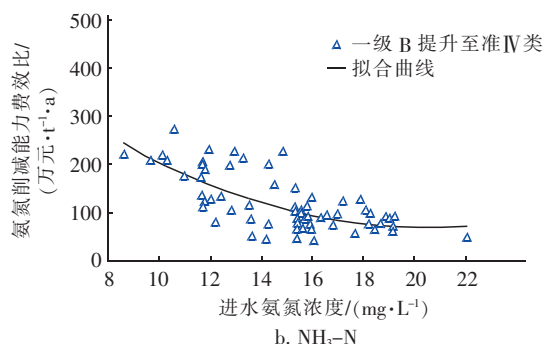


图1 城镇污水处理厂一级B提升至准IV类对COD、氨氮削减效能的影响

Fig. 1 Influence of upgrading on COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ reduction efficiency from the first class B discharge standard to quasi-IV class in municipal wastewater treatment plant

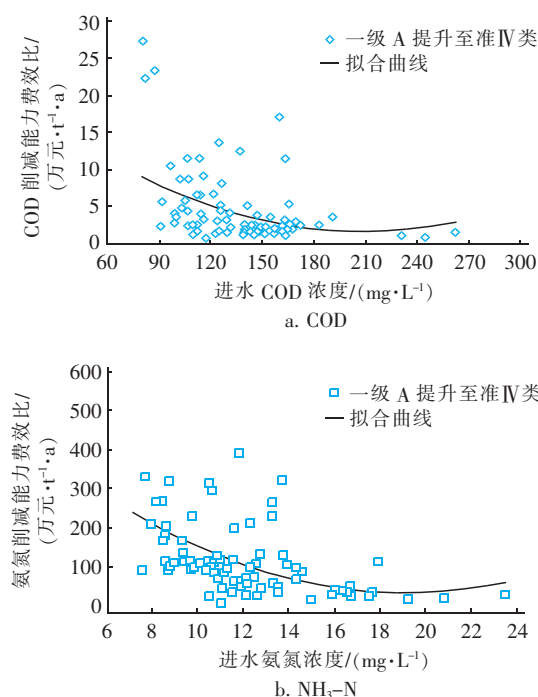


图2 城镇污水处理厂一级A提升至准IV类对COD、氨氮削减效能的影响

Fig. 2 Influence of upgrading on the COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ reduction efficiency from the first class A discharge standard to quasi-IV class in municipal wastewater treatment plant

由图1、2可知,COD、氨氮削减能力费效比随进水浓度的升高呈逐步降低的趋势,说明提高进水浓度大幅提升了污染物的削减能力。因此,通过完善现状污水管道和改造雨污合流制管道是提高城镇污水处理厂进水浓度的重要途径。这与魏忠庆^[5]的研究相一致。

综上,对于东莞市污水处理提质增效的侧重点应是提高进厂污水的污染物浓度,但由于南方地下水位高、河网丰富以及排水系统不完善,导致南方地区城镇污水处理厂进水污染物浓度普遍低于设计值。因此,城镇污水处理厂执行标准不能盲目提高,要充分认识到污水管网对于污水收集的重要意义,并作为本次提质增效的核心工作。

3 结论

① 以城镇排水系统建设改造为提质增效侧重点,优先考虑对现状污水管网进行查漏补缺,使污水处理厂进水量和水质逐步提升至设计值,污水处理厂因地制宜进行提标改造,逐步推广“厂网并重”理念,推进厂网合理化建设;远期目标实现雨污分流改造,优化雨污水管网建设模式,建议借鉴“一管一渠”模式逐步实现雨污分流改造,避免雨污水管混接。

② 目前东莞市污水主干管网满负荷运行,雨季时甚至溢出污水直接排入河涌水体,长期累积形成难治理的黑臭水体,而“控源截污”是城市黑臭水体治理的根本措施,建议实践“厂网一体化”概念,发展厂网一体化运营管理模式,充分优化排水系统功能,调整各厂运行负荷,节能降耗,减少运营成本,实现经济效益最大化。

③ 在经济条件和实际条件允许的情况下,可打造东莞市独有、系统、科学的“智慧厂网”品牌。现阶段东莞市智能管理排水系统还处于起步阶段,建议引进海绵城市的智慧化理念,以海绵城市为核心,推行现代雨洪管理体系,做好海绵城市规划建设、运行管理、绩效评价三个阶段的智慧化,应用先进的信息采集技术,实时监测流量、流速、水质指标等,搭建厂网智能化运营平台,提高污水收集和处理效率,以此产生巨大的环境、经济、社会效益。

参考文献:

- [1] 唐建国,张悦,梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. 给水排水,2019,45(4):30-38.
Tang Jianguo, Zhang Yue, Mei Xiaojie. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(4): 30-38 (in Chinese).
- [2] 夏文林,曾祥文,张智良,等. 东莞市污水处理工程建设规划要点[J]. 中国给水排水,2005,21(11):31-33.

(下转第12页)