

# 东北地区城市污水厂运营状况与稳定运行对策

郭静波<sup>1,2</sup>, 马放<sup>1</sup>, 李云生<sup>3</sup>, 山丹<sup>3</sup>, 夏罡<sup>4</sup>, 赵娜<sup>4</sup>, 薛婕<sup>5</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 150090 哈尔滨, mafang@hit.edu.cn; 2. 东北电力大学 建筑工程学院, 132012 吉林 吉林; 3. 环境保护部环境规划院, 100012 北京; 4. 中国市政工程东北设计研究总院, 130021 长春; 5. 中国环境科学研究院, 100012 北京)

**摘要:**为进一步推进东北地区水污染防治工作,确保松花江及辽河流域水环境安全,促进东北地区经济、社会和环境协调发展,对辽宁、吉林及黑龙江3省32家典型城市污水处理厂的运营现状进行调查.结果显示,污水厂普遍存在着科学运营管理水平不高、污水回用率低、污泥处理处置不当等突出问题.今后,在技术及管理层面上,应改进运营模式、完善排水体制、推进污水的资源化、积极寻求技术创新,从而最终实现城市水资源健康循环,推动东北老工业基地经济的可持续发展.

**关键词:**东北地区;城市污水处理厂;稳定运行;水污染防治

中图分类号: X703.1

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2011)02-0040-05

## Performances of municipal wastewater treatment plants in Northeast China and strategies for their stable operations

GUO Jing-bo<sup>1,2</sup>, MA Fang<sup>1</sup>, LI Yun-sheng<sup>3</sup>, SHAN Dan<sup>3</sup>, XIA Gang<sup>4</sup>, ZHAO Na<sup>4</sup>, XUE Jie<sup>5</sup>

(1. State Key Lab of Urban Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China, mafang@hit.edu.cn; 2. School of Civil Engineering, Northeast Dianli University, 132012 Jilin, Jilin, China; 3. Chinese Academy for Environmental Planning, 100012 Beijing, China; 4. China Northeast General Municipal Engineering Design and Research Institute, 130021 Changchun, China; 5. Chinese Research Academy for Environmental Sciences, 100012 Beijing, China)

**Abstract:** To further promote the water pollution control of Northeast China, to ensure the water environmental safety of Songhua river and Liaohe river, and to accelerate the harmonious development of economy, society and environment in Northeast China, the performances of 32 typical municipal wastewater treatment plants (MWWTPs) located in 13 key cities of Liaoning, Jilin and Heilongjiang were investigated and analyzed. General problems generated in the operation and management of these MWWTPs were found out, and the corresponding strategies for their stable performances were proposed. These provide guidance from the perspective of water pollution control for the sustainable development and benign circulation of the economy in Northeast China.

**Key words:** Northeast China; municipal wastewater treatment plant; stable performance; water pollution control

保护水环境、防治水污染是保障人民身体健康和振兴东北老工业基地的首要任务<sup>[1-4]</sup>. 为进

一步推进东北地区水污染防治工作,确保松花江流域及辽河流域的水环境安全,促进东北地区经济、社会和环境协调发展,以辽宁、吉林及黑龙江3省13个重点城市的32家典型城市污水处理厂为例,分析了目前东北地区污水处理厂的运营现状及在运行管理中普遍存在的问题,在技术层面和管理层面提出了东北地区城市污水处理厂稳定

收稿日期: 2009-04-12.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(507908063);城市水资源与水环境国家重点实验室重点项目(2010DX09);国家创新研究群体科学基金资助项目(50821002).

作者简介: 郭静波(1983—),女,博士,副教授;  
马放(1963—),男,教授,博士生导师.

运行的对策.

### 1 调查范围及主要内容

调查共涉及了东北地区 13 个重点城市(鞍山、大连、锦州、沈阳、抚顺、本溪、长春、吉林、哈尔滨、牡丹江、大庆、佳木斯、齐齐哈尔)的 32 家典型污水处理厂. 调查的主要内容包括城市污水处理厂的处理工艺、设计规模与实际处理水量、污水厂来水构成及进水水质、污水出水水质和污水厂执行排放标准、污泥的产量及处理处置等情况.

### 2 污水处理厂的概况及运营现状

#### 2.1 污水处理厂规模

32 家污水处理厂中,规模在  $5 \sim 20 \times 10^4 \text{t/d}$  的中型污水处理厂有 17 家,规模在  $20 \sim 40 \times 10^4 \text{t/d}$  的大型污水处理厂有 7 家,规模在  $5 \times 10^4 \text{t/d}$  的小型污水处理厂有 8 家. 由此可见,中小型城市污水处理厂的建设呈逐年增多的趋势,做好中小型城市的水污染防治工作是今后东北地区协调环境与经济发展的重点举措之一.

#### 2.2 污水处理工艺

做为一种经济、高效的污水处理法,以生化法为主体的污水处理工艺是目前东北地区城市污水处理厂采用的主流工艺,其中以活性污泥法 A/O 工艺和 SBR 工艺(包括 CAST 工艺)为主,其次是生物膜工艺和自然生物处理工艺,极少数污水处理厂采用了物理法(见图 1). 总体来看,各污水厂基本做到了结合当地实际情况、因地制宜地选择相应的污水处理工艺.

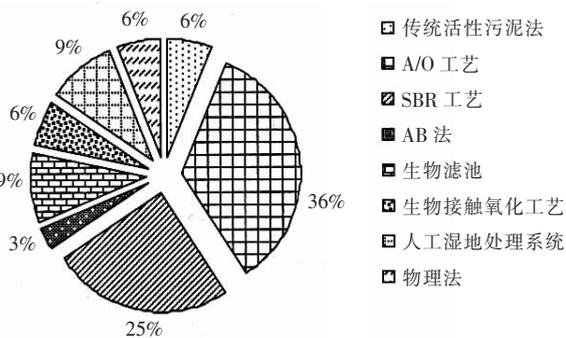


图 1 东北地区污水处理厂工艺类型

#### 2.3 污水处理厂实际处理水量

调查的 32 家污水处理厂中,除一家污水处理厂处于调试阶段、另外两家分别由于运营资金不到位和设备故障停产外,其他 29 家污水处理厂均正常投入使用. 其中基本或完全满负荷运行的污水厂为 12 家,实际处理水量为设计规模 70% ~ 85% 的污水厂为 8 家,另外有两家污水厂超负荷

运行(见图 2). 可见,设计规模与实际处理水量还存在着一定的脱节现象.

#### 2.4 污水处理厂来水构成及进水水质

调查的 32 家污水厂为主要服务于城市人口的城市污水处理厂,除一家 2008 年初新建成的污水厂为分流制的排水制度外,其他污水厂均为合流制. 绝大多数污水处理厂进水的 COD 质量浓度为  $200 \sim 500 \text{mg/L}$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N}$  为  $20 \sim 50 \text{mg/L}$ , TP 为  $1.5 \sim 5.0 \text{mg/L}$ , TN 为  $30 \sim 50 \text{mg/L}$ . 如图 3 所示,除 5 家污水厂工业废水所占比例不详外,29 家正常投入使用的污水厂中有 16 家的进水中均混有一定比例的工业废水(4.5% ~ 50.0% 不等). 另有两家污水处理厂存在着来水底物严重不足的现象,系统长期低负荷运行,污水处理设施利用率极低,造成了能源和资源的巨大浪费.

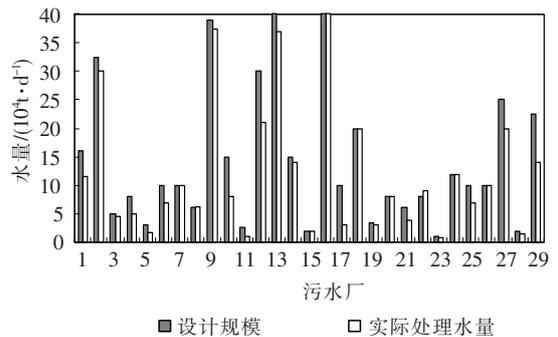


图 2 污水处理厂的设计规模与实际处理水量

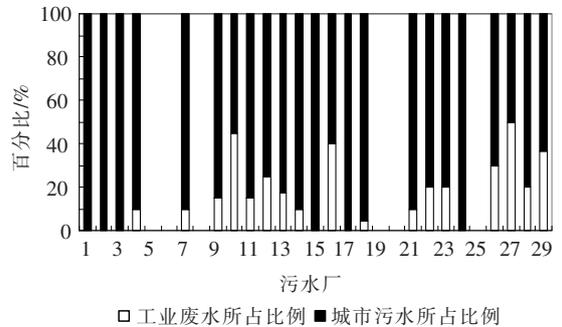


图 3 城市污水处理厂进水中工业废水比例

#### 2.5 污水处理厂出水水质及执行排放标准

除 2008 年初新建成的一家污水处理厂(即采用分流制的污水处理厂)执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 的标准外,其他污水处理厂均执行二级排放标准,大多数污水处理厂均能做到达标排放. 同时,由于管理和操作得当,目前执行二级排放标准的 16 家污水处理厂的出水水质能够达到或优于一级 B 的标准. 但是,由于设备老化、维修不及时、资金不到位等原因,仍然有 3 家污水处理厂的出水不能满足相应的排放标准.

目前,有 48% 的污水处理厂尚未进行 TP、TN 等营养指标的监测,所有污水处理厂均无对动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、色度、粪大肠菌群数这 5 项指标的监测数据. 调查过程中还发现,尽管做为缓解城市水资源短缺的一项重要举措,仅有 4 家污水处理厂进行了处理污水的回用,且回用量较小,主要用于景观用水,其余各污水处理厂的处理水则直接排放到受纳水体.

## 2.6 污水处理厂污泥产生及处理处置情况

各污水处理厂由于处理规模、来水构成及工艺的差异,日产污泥量及吨水污泥产量差异较大(见图 4). 其中大多数污水处理厂的吨水污泥产量在 0.5 ~ 0.7 kg/t,传统活性污泥法产泥量较大,生物膜法、SBR 法 CAST 工艺产泥量相对较少. 少数污水处理厂由于工艺运行得当,污泥产量低于平均水平.

除一家污水处理厂外,各污水处理厂脱水处理后的污泥含水率均在 80% 以下. 但调查的 29 家污水处理厂投入运行的污水处理厂中,仅有 10 家污水处理厂对剩余污泥进行了合理的处理和处置. 其他污水处理厂的剩余污泥均未按要求进行卫生填埋,有的甚至堆放在未设任何防渗措施的厂区内、厂区周边或未办理环评审批手续的堆放场或天然坑道,对环境造成了严重的二次污染.

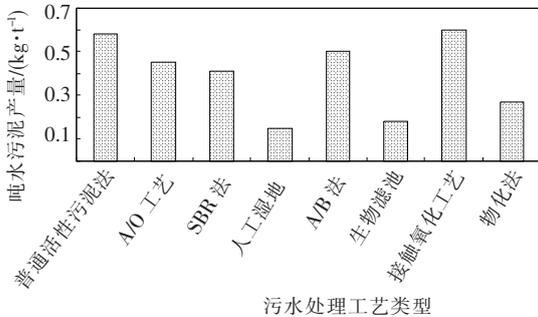


图 4 不同污水处理工艺的污泥产量

## 3 存在的问题

### 3.1 企业运营管理水平参差不齐

在调查的污水处理厂中,以 BOT 模式投资建设的污水处理厂运营情况普遍良好, BOT 方式解决了污水处理厂建设资金紧、运营效率低的问题<sup>[5]</sup>. 但是,不少企业的运营管理水平还有待提高. 主要体现在以下几个方面:

1) 污水处理厂的基本控制项目为化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、悬浮物(SS)、总氮(以 N 计)、氨氮(以 N 计)、总磷、pH 7 项指标,缺乏对动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、色度、粪大肠菌群数 5 项指标的监测. 同时,有很大

一部分污水处理厂日常监测的指标只有化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、氨氮(以 N 计),其余指标不能做到每日监测,监测频率低,监测项目少.

2) 多数污水厂只具备简单的如流量、温度、溶解氧等在线监测设备,尚未安装能及时反应水质的在线监测设备,且绝大多数污水处理厂不能提供排放口下游监测断面的水质数据.

3) 辖区内污水处理收费体系不完善,污水处理厂存在着经费不能及时到位、缺乏稳定可靠的运营资金来源等问题.

4) 污水处理厂都不同程度地存在着设备老化快、维修不及时的问题,随之导致了一系列的出水水质不达标、污泥得不到及时处理等问题.

### 3.2 设计参数和运行参数无法满足实际的水质及水量

污水处理厂实际的进水水质和水量是不断变化的,大多数污水处理厂目前仍然按照污水厂建设之初确定的相关参数运行,对处理单元运行工况的调整和设备的开停无法做到决策的科学化,因而“出水超标”的现象时有发生. 另外,一部分污水处理厂存在着不同程度的设计规模与实际情况相脱节的现象,一方面流域内仍有部分污水未经截留,直接排入受纳水体,水污染治理设施未能得到合理有效的利用;另一方面,水处理设施长期超负荷运行,将会导致一系列的出水水质恶化及运行不稳定等问题.

### 3.3 缺乏技术保障,有待建立科技创新平台

大多数污水处理厂仅具备简单的污染指标检测设备,出水水质达标是企业工作的重点. 几乎所有污水处理厂都无与其有着长期合作的技术支持单位,一旦污水处理中出现了突发性事件或各种原因所导致的系统非正常运行,由于污水处理厂自身技术人员科研素质的局限性,污水处理厂缺乏强有力的技术保障,将无法在短期内得到相应的合理可行的解决方案,从而将导致一系列运行及管理上的问题. 污水处理厂有待建立科技创新平台,积极探索和借鉴先进的研究成果,从技术层面实现“节能减排”的目标.

### 3.4 排水体制不健全

除 2008 年初新建的一家污水处理厂实施了分流制的排水制度外,其他污水厂均采用生活污水、雨水甚至工业废水混合排放的合流制排水制度,且存在着排水管网不完善的现象. 因此,多数城市污水厂均有一定量的工业废水排入,而个别污水处理厂存在着进水底物不足的现象,导致了诸如污泥膨胀、脱氮除磷效果不理想等问题.

### 3.5 污水回用率低

本次调查的32家污水厂中,仅有少数几家污水处理部分处理出水用于厂区景观用水和回灌,其他部分污水厂虽然有污水回用项目规划,但并未筹建或投入运行.因此,东北地区的废水回用仍处于起步阶段,呼声高,落实难,缺乏相应的技术支撑和政府支持.

### 3.6 污泥处理处置不当

29家运行的污水处理厂中,仅有10家污水处理厂对剩余污泥进行了合理的处理及处置.其他19家污水处理厂的剩余污泥虽已运输到指定的场地,但相应的场地均未达到卫生填埋的标准,有几家污水处理厂的污泥甚至随意堆放到厂区周围和郊区无防渗、无渗沥液收集和处理设施的坑道或农田附近.同时,尽管多数污水处理厂建有污泥消化装置,但均因存在着消防隐患未投入使用.因此,东北地区的污泥处理处置情况仍不容乐观.

## 4 城市水污染防治对策

针对上述问题,结合东北地区的区域特征和城镇污水处理厂的实际运营情况,对“十一五”未来两年及“十二五”期间东北地区污水处理厂的运营及水污染防治提出以下几点建议.

### 4.1 改进运营模式,鼓励各类主体参与污水厂的投资与运营

转变政府的职能,确立政府作为监管者的位置,通过竞争选择运营的主体,推动污水处理行业向着投资多元化、运作市场化的方向发展<sup>[6-7]</sup>.运营主体作为独立的企业,和政府之间通过经济合同或特许经营协议,形成了相对独立的关系.通过特许经营,政府履行自己的义务,支付污水处理费,同时,加强污水处理厂进水水质监控,杜绝上游企业非法超标排污,保障进水水质达到要求,避免突发性污染事件的发生;另一方面,污水处理厂必须按照特许经营合同,根据国家和地方环境保护要求安装在线监测系统,与环境保护部门联网,完善污水排放控制体系,保证污水处理设施的稳定高效运行.

### 4.2 加快建设污水收集管网,完善排水体制

排水管网规划在整个城市污水处理工程规划和建设中是十分重要的环节<sup>[8-9]</sup>.目前,有相当一部分污水处理厂没有发挥其应有的功能.在未来两年和下一个五年计划里必须抓住重点,改变决策和投资的思路,做到厂网并举,管网优先.另外,在加快污水收集管网建设的同时,做好清污分流工作,完善排水体制,在现有基础上,提高现有污

水处理设施的利用率和净化效能,减少污染物排放总量,合理保护水资源.

### 4.3 推进自主创新,鼓励校企合作

通过政府引导的方式,鼓励污水处理厂与高校合作,产学研结合,大力推进自主创新,将系统、先进的科研成果与踏实、实际的工程经验相结合,加快技术孵化.如与传统的有机、无机絮凝剂相比,利用生物技术从微生物体或其分泌物提取、纯化而获得的微生物絮凝剂具有成本低、絮凝效果好、絮体易于分离、易生物降解、无二次污染、适用范围广等优点,从而实现环境效益与经济效益的共赢<sup>[10-11]</sup>;好氧脱氮技术使硝化反硝化反应在同一个反应器中进行,从而简化了生物脱氮工艺,极大地拓展了生物脱氮的应用<sup>[12]</sup>;采用投加复合生物菌剂的生物增强技术可实现寒冷地区城市污水处理厂生化系统的低温快速启动和低温工业废水的稳定达标排放,从而大大缩短了工艺调试周期,提高了生化系统的污染物去除效果和运行稳定性<sup>[13-14]</sup>.

### 4.4 推进污水的资源化,实现城市水资源健康循环

要尽快制定城市水资源综合利用规划,加强雨水、污水的回收利用,因地制宜抓紧制定适合东北地区具体情况的中水回用技术措施,加快污水处理技术创新,大力推广“中水”回用技术<sup>[15]</sup>.同时,积极拓宽污水资源化项目融资渠道,推动污水资源化项目企业化运营管理,逐步建立社会投资、政府补助、市场补偿和新型投融资体制.从全局出发,把污水资源化工作纳入地方国民经济规划及流域水资源开发利用总体规划,实现城市水资源健康循环.

### 4.5 积极探索污泥减量化与资源化渠道

污泥的合理处理和处置是真正实现城镇污水中污染物减量化和污水资源化的重要保障.污泥管理的重心应当前移到“源头控制”和“源头分流”上来,遵循减量化为主,资源化、无害化和末端处置为辅<sup>[16-17]</sup>的原则.在进一步调研的基础上,加大科研人员和资金的投入,兼顾经济与环境效益,探索污泥减量化和资源化的可行性方案,尽快解决污水处理厂污泥消化装置存在的技术问题,加快城市污水处理厂污泥消化设施的建设,实现污泥的资源化与减量化,从根本上减少污水处理对环境造成的二次污染.

### 4.6 完善水厂管理体制,提高从业人员业务水平

进一步完善水厂的管理体制,提高从业人员的业务水平,提高水质检测能力,加强水质常规指标检测力度,健全水质检测体系,注重设备设施的

维护和维修,使污水厂各运行管理环节实现规范化、程序化、制度化,尽量降低人为因素的干扰和影响,最大限度地调动员工的工作积极性和责任感,完善水厂的运行管理,保障污水处理厂的稳定运行.

## 5 结 语

“十一五”以来,国家以解决影响经济社会发展特别是严重危害人民健康的突出问题为重点,在“三河三湖”等重点流域和区域水污染的防治和城市污水处理设施的建设中取得了一定的成效.“十二五”期间,在总结和分析东北地区典型城市污水处理厂运行现状的基础上,为了保证其稳定运行,在技术层面上,应着重于完善污水配套管网建设、对现有部分工艺设备落后的污水厂进行工艺升级改造、加强污泥处理处置、加大污水再生利用设施建设四方面;在管理层面上,应当继续推进污水处理的机制和体制改革,开放市场,鼓励民营和外资参与污水处理设施的投资、建设和运营,建立污水处理设施建设和运营的良好循环机制,推动东北老工业基地经济的可持续发展.

## 参考文献:

- [1] 邵晓玲, 马军, 文刚. 松花江流域某自来水厂中内分泌干扰物的调查[J]. 环境科学, 2008, 29(10): 2723 - 2728.
- [2] 王西琴, 张艳会. 辽宁省辽河流域污染现状与对策[J]. 环境保护科学, 2007, 33(3): 26 - 29.
- [3] 张力, 徐志金, 滕志坤. 松花江流域面源污染特征与防治对策[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(7): 55 - 57.
- [4] 刘卓, 刘昌明. 东北地区水资源利用与生态和环境问题分析[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 700 - 708.
- [5] CHEN Chuan, DOLOI H. BOT application in China: driving and impeding factors [J]. International Journal of Project Management, 2008, 26 (4): 388 - 398.
- [6] YI Yang, GUO Mingliang, HU Wenxiu. Effect of diversification of operation cost on infrastructure bot project investment decision and analysis of option game [J]. China Population, Resources and Environment, 2007, 17 (2): 32 - 35.
- [7] CHEN Chuan. Can the pilot BOT Project provide a template for future projects? A case study of the Chengdu No. 6 Water Plant B Project [J]. International Journal of Project Management, 2009, 27(6): 573 - 583.
- [8] IZQUIERDO J, MONTALVO I, PÉREZ R, *et al.* Design optimization of wastewater collection networks by PSO [J]. Computers & Mathematics with Applications, 2008, 56 (3): 777 - 784.
- [9] YOUNIS R, KNIGHT M A. Continuation ratio model for the performance behavior of wastewater collection networks [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2010, 25 (6): 660 - 669.
- [10] 常玉广, 马放, 郭静波. 絮凝基因的克隆及其絮凝形态表征[J]. 高等学校化学学报, 2007, 28 (9): 1685 - 1689.
- [11] 王琴, 王辉, 马放, 等. 复合型生物絮凝剂的应用研究[J]. 工业水处理, 2007, 27(4): 68 - 71.
- [12] SU Junfeng, MA Fang, GUO Jingbo, *et al.* Isolation and phylogenetic analysis of heterotrophic nitrobacteria [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2008, 15 (6): 790 - 794.
- [13] MA Fang, GUO Jingbo, ZHAO Lijun, *et al.* Application of bioaugmentation to improve the activated sludge system into the contact oxidation system treating petrochemical wastewater[J]. Bioresource Technology, 2009, 100 (2): 597 - 602.
- [14] ZHAO Lijun, MA Fang, GUO Jingbo, *et al.* Petrochemical wastewater treatment with a pilot - scale bioaugmented biological treatment system[J]. Journal of Zhejiang University Science A, 2007, 6(11): 1831 - 1838.
- [15] MCNEILL L S, ALMASRI M N, MIZYED N. A sustainable approach for reusing treated wastewater in agricultural irrigation in the West Bank - Palestine [J]. Desalination, 2009, 248 (1/3): 15 - 321.
- [16] LIN Shanshan, JIN Y, FU L, *et al.* Microbial community variation and functions to excess sludge reduction in a novel gravel contact oxidation reactor[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 165 (1/3): 1083 - 1090.
- [17] SONG Biyu, CHEN Xiaofei. Effect of *Aeolosoma hemprichi* on excess activated sludge reduction[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 162 (1): 300 - 304.

(编辑 刘 彤)