# 2015年中国城镇污水处理厂达标排放评估*

刘 梦[1] 伯 鑫[2] 孟凡琳[3] 金正宇[4] 王龙飞[2] 于 浪[5] 赵晓宏[2]

(1. 中持水务股份有限公司,北京 100192; 2. 环境保护部环境工程评估中心,北京 100012; 3. 埃克塞特大学水系统中心, EX4 4QF; 4. 清华大学 环境学院,北京 100084; 5. 西安交大长天软件股份有限公司,西安 710065)

**摘要:** 基于2015年3364座中国城镇污水处理厂在线监测数据(小时级),借鉴欧盟排放标准达标评估方法,分析了不同维度条件下,城镇污水处理厂污染物排放达标率情况(日均值)。结果表明:按污水厂污染物全年日均值95%保证率,2015年全国城镇污水处理厂化学需氧量(COD)、氨氮($NH_3$-N)排放达标率分别为94%、80%。从省份来看,天津、江西、河南、四川和山东COD达标率均为100%,天津、山东、江苏$NH_3$-N达标率分别为100%、95%和95%;从处理厂排入水体的类型来看,排入Ⅳ类、Ⅴ类水体的排口达标率较高,达到了97%以上。中国在线监测污水处理厂处理工艺主要为氧化沟、$A^2/O$、SBR,从污水处理工艺的达标率来看,氧化沟、$A^2/O$等工艺处理COD、$NH_3$-N效果较好。

**关键词:** 城镇污水处理厂; 在线监测; 化学需氧量; 氨氮; 排放标准

DOI: 10.13205/j.hjgc.201710016

## STANDARD DISCHARGE EVALUATION OF CHINESE URBAN SEWAGE PLANTS IN 2015 BASED ON CONTINUOUS EMISSION MONITORING SYSTEM DATA

LIU Meng[1], BO Xin[2], MENG Fan-lin[3], JIN Zheng-yu[4], WANG Long-fei[2], YU Lang[5], ZHAO Xiao-hong[2]

(1. CSD Water Service Co., Ltd, Beijing 100192, China; 2. The Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China; 3. Centre for Water Systems, University of Exeter, EX4 4 QF, UK; 4. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 5. Xi'an Jointsky Software Holding Co., Ltd, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Based on the specific (hour level) continuous emission monitoring system data of 3364 Chinese urban sewage plants in 2015, the thesis made reference to the European discharge standard reaching evaluation method, analyzed standard rate situation (daily average value) of pollutant emission of urban sewage plants under different dimension conditions. The result showed that based on the daily 95% insurance rate of pollutants in sewage plants, the discharge standard rates of COD and $NH_3$-N were 94% and 80% in national urban sewage plants in 2015. From the aspect of provinces, COD standard rates of Tianjin, Jiangxi, Henan, Sichuan and Shandong were 100%, and $NH_3$-N standard rates of Tianjin, Shandong and Jiangsu were pretty high with 100%, 95% and 95% respectively. From the aspect of discharged water of sewage plants, the discharge standard rates of water discharging into the Class-4 and Class-5 water were over 97%. The main technologies of Chinese online monitoring sewage plant settlement technology were oxidation ditch, $A^2/O$ and SBR; from the aspect of the standard rate of sewage settlement technology, the COD and $NH_3$-N removal rates by oxidation ditch, $A^2/O$ and other technologies were higher.

**Keywords:** municipal wastewater treatment plant; continuous emission monitoring system; COD; $NH_3$-N; discharge standard

## 0 引 言

2014年中国城镇生活污水排放量为510.3亿t,占污水排放总量的71.3%,化学需氧量(COD)、氨氮($NH_3$-N)排放量分别为864.4万,138.1万t,占全国排放总量的37.7%、57.9%[1],城镇生活污水是中国COD、$NH_3$-N排放的重点控制部门之一[2]。GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》[3](以下简称"排放标准")要求城镇污水处理厂严格执行相关排放限制,有力推动了中国污水处理厂污染物总量减排等工作。中国城镇污水处理厂已实施该排

* 环境保护部基金课题(1441402450017-2)。
收稿日期: 2017-01-07

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

放标准13年，随着社会经济发展，城镇污水处理厂工艺设备、环保措施等已发生了一定变化，亟需对排放标准实施效果进行科学有效评价。

针对中国城镇污水处理厂污染物排放情况，国内外已经开展了一系列研究，如谭雪等[4]基于227个污水处理厂样本，采用成本收益分析研究了处理厂运行状态；孙迎雪等[5]采用多元统计分析方法，评价了昆明市7家污水处理厂出水水质；周羽化等[3]分析了北方某城市11家城镇污水处理厂COD排放现状；Zhang H等[6]研究了九龙江盆地污水处理厂抗生素浓度变化趋势情况。目前研究多集中在局部地区污水处理厂排放评价分析、清洁生产评价、宏观数据统计分析等[7-9]，关于中国城镇污水处理厂整体排放评价研究较少，无法为国家层面环境管理（排污许可、环境监管等）提供依据。

本研究基于2015年3 364座中国城镇污水处理厂在线监测排放数据（CEMS），采用统计学方法，分析了全国城镇污水处理厂COD、$NH_3$-N污染物达标排放情况，获得了全国城镇污水排放达标情况的第一手资料，是目前排放监管体系的有效补充（人工取样且频率较低），为国家城镇污水管理与决策等工作提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域与对象

本研究基准年为2015年，研究区域包括中国大陆30个省、直辖市、自治区（西藏、香港、澳门、台湾省暂不考虑）。研究对象包括了区域内所有国控污染源在线监测城镇污水处理厂，污染因子为COD、$NH_3$-N。

### 1.2 在线监测数据来源

本研究的基础数据来自环保部环境监察局重点污染源在线监测系统，原始CEMS数据字段包括企业名称、排口名称、污染物种类、浓度、排放量、污水处理工艺、执行标准等，总样本数据量约5 000万条。

数据库中在线监测城镇污水处理厂有3 406座（占环保部最新统计总数的56%）[10]，设计处理能力达到1.3亿t/d，实际处理量约1.1亿t/d。为保证数据的有效性，本研究剔除了数据不全的42座处理厂（有效数据量少于半年，约占1%），并对其余3 364座城镇污水处理厂空间分布位置信息进行校核。

### 1.3 分析方法

由于现行排放标准没有明确达标率的评价方法，本研究参考欧盟污水达标评估方法[11]，即统计所有污水厂排口污染物全年日均值的第95百分位数，并与排放标准的各污染物排放限值做对比，分析所有排口达标情况。计算方法如下：

$$N_{i,j}=\begin{cases}0, & \text{当 } C_{i,j}^{95}>C_j^{\text{limit}}\\ 1, & \text{当 } C_{i,j}^{95}\leqslant C_j^{\text{limit}}\end{cases} \tag{1}$$

$$R_j=\frac{\sum_{i=1}^{P_j}N_{i,j}}{P_j} \tag{2}$$

式中：$i$为污水排放口编号；$j$为污染物编号；$N$为排放口$i$的污染物$j$的达标结果；$C_{i,j}^{95}$为排污口$i$的污染物$j$的全年日均值记录的第95百分位数；$C_j^{\text{limit}}$为排放标准中污染物$j$的限值；$P_j$为有污染物$j$监测记录的排放口的总数；$R_j$为污染物$j$的全国达标率。本研究除了分析全国污染物达标情况外，还分析不同维度下（如省份、污水处理工艺类型、受纳水体等）污染物的达标情况。

## 2 结果与讨论

### 2.1 城镇污水处理厂空间分布特征

通过对数据库空间位置信息进行分析，获得了中国在线监测城镇污水处理厂的分布情况（表1、图1）。可以发现：在线监测污水处理厂数量最多的省份是江苏、广东、山东，数量分别为383，310，239家，数量最少的省份是青海省、新疆维吾尔自治区，数量分别为16，8家，从空间分布来看，在线监测城镇

表1 2015年中国在线监测城镇污水处理厂统计

Table 1 Provincial statistics of chinese online monitoring urban sewage plants in 2015

| 省份 | 污水厂数量/个 | 占全国比例/% | 省份 | 污水厂数量/个 | 占全国比例/% |
|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 50 | 1.49 | 湖北 | 124 | 3.69 |
| 天津 | 38 | 1.13 | 湖南 | 130 | 3.86 |
| 河北 | 201 | 5.98 | 广东 | 310 | 9.22 |
| 山西 | 123 | 3.66 | 广西 | 103 | 3.06 |
| 内蒙古 | 109 | 3.24 | 海南 | 28 | 0.83 |
| 辽宁 | 109 | 3.24 | 重庆 | 71 | 2.11 |
| 吉林 | 59 | 1.75 | 四川 | 149 | 4.43 |
| 黑龙江 | 68 | 2.02 | 贵州 | 81 | 2.41 |
| 上海 | 42 | 1.25 | 云南 | 81 | 2.41 |
| 江苏 | 383 | 11.39 | 陕西 | 80 | 2.38 |
| 浙江 | 188 | 5.59 | 甘肃 | 53 | 1.58 |
| 安徽 | 112 | 3.33 | 青海 | 16 | 0.48 |
| 福建 | 111 | 3.30 | 宁夏 | 21 | 0.62 |
| 江西 | 98 | 2.91 | 新疆维吾尔自治区 | 14 | 0.42 |
| 山东 | 239 | 7.10 | 总计 | 3 364 | 100.00 |
| 河南 | 173 | 5.14 | | | |

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

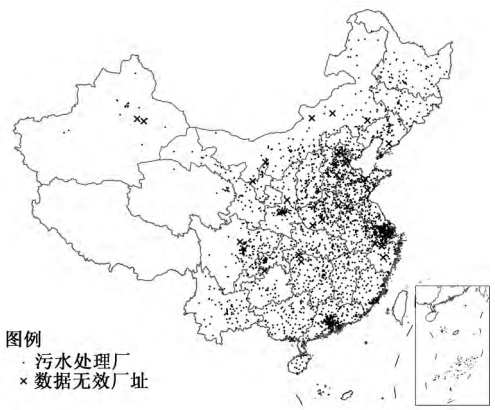



**图 1　2015 年在线监测城镇污水处理厂分布**

Fig. 1　Distribution of online monitoring urban sewage plants in 2015

污水处理厂主要集中在沿海、经济发达、水资源丰富的中东部地区,而经济欠发达、水资源紧缺的西部地区城镇污水处理厂数量较少,结果与其他研究文献类似[22-23]。

## 2.2　处理工艺类型分析

由表 2 可知: 中国在线监测污水处理厂处理工艺主要为氧化沟、$A^2/O$、SBR(与相关统计结果类似)[8,23],采用组合塘生态工艺、反渗透、MBR 等工艺的处理厂数量较少。这主要是因为氧化沟等工艺处理一般城镇污水,技术上高效成熟,且运营费用相对其他工艺较低。

## 2.3　达标率分析

1) 按污水厂污染物全年日均值 95% 保证率(见表 3),全国城镇污水处理厂 COD、$NH_3-N$ 排放达标率分别为 94%、80%。按区域维度分析,COD 有 5 个省市全部达标,分别是天津、江西、河南、四川和山东; 达标率较低的是内蒙古自治区、浙江省和新疆维吾尔自治区,达标率分别为 74%、72% 和 64%。$NH_3-N$ 达标率较高的 3 个省市是天津、山东和江苏,达标率分别为 100%、95% 和 95%; 达标率较低的是内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区、宁夏回族自治区,达标率

**表 2　全国城镇污水处理工艺类型统计**

**Table 2　Statistics on wastewater treatment technology types of national urban sewage plant**

| 省份 | A/O | $A^2/O$ | 生物膜法 | SBR | 氧化沟 | MBR | 百乐克 | 反渗透 | 活性污泥法 | 组合塘生态工艺 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 2 | 8 | 3 | 7 | 14 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| 天津 | 9 | 5 | 4 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| 河北 | 8 | 29 | 10 | 42 | 50 | 0 | 39 | 0 | 4 | 1 |
| 山西 | 13 | 43 | 6 | 9 | 40 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 |
| 内蒙古 | 13 | 14 | 11 | 20 | 8 | 0 | 17 | 0 | 2 | 0 |
| 辽宁 | 20 | 29 | 14 | 18 | 0 | 0 | 9 | 0 | 6 | 0 |
| 吉林 | 4 | 11 | 3 | 22 | 1 | 0 | 4 | 0 | 10 | 0 |
| 黑龙江 | 3 | 9 | 6 | 33 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 0 |
| 上海 | 9 | 8 | 0 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 江苏 | 34 | 147 | 11 | 25 | 28 | 2 | 0 | 1 | 21 | 0 |
| 浙江 | 18 | 49 | 11 | 38 | 27 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 |
| 安徽 | 3 | 14 | 4 | 7 | 74 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 福建 | 7 | 12 | 3 | 10 | 52 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 |
| 江西 | 2 | 2 | 1 | 3 | 77 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 |
| 山东 | 15 | 93 | 8 | 12 | 53 | 0 | 12 | 0 | 19 | 0 |
| 河南 | 5 | 19 | 4 | 14 | 106 | 0 | 2 | 0 | 8 | 0 |
| 湖北 | 3 | 31 | 5 | 18 | 43 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 湖南 | 0 | 32 | 6 | 20 | 62 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 广东 | 8 | 106 | 17 | 55 | 66 | 2 | 0 | 0 | 22 | 0 |
| 广西 | 9 | 21 | 7 | 40 | 18 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 海南 | 0 | 9 | 2 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 重庆 | 0 | 11 | 2 | 12 | 26 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 四川 | 1 | 25 | 19 | 43 | 40 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| 贵州 | 19 | 2 | 2 | 9 | 35 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 云南 | 1 | 10 | 0 | 43 | 15 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 陕西 | 2 | 13 | 3 | 30 | 19 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 甘肃 | 2 | 4 | 0 | 19 | 16 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 青海 | 0 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 宁夏 | 0 | 2 | 0 | 5 | 11 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 新疆维吾尔自治区 | 2 | 0 | 1 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 总计 | 212 | 763 | 163 | 563 | 906 | 7 | 93 | 2 | 203 | 1 |

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 各地区化学需氧量、氨氮达标率情况

Table 3 Standard rate situation of COD and $NH_3$-N in various provinces

| 省份 | COD | | 氨氮 | |
|---|---|---|---|---|
| | 有效监测排口数/个 | 达标监测排口数及达标率 | 有效监测排口数/个 | 达标监测排口数及达标率 |
| 北京 | 49 | 46(94%) | 48 | 43(90%) |
| 天津 | 38 | 38(100%) | 38 | 38(100%) |
| 河北 | 199 | 195(98%) | 199 | 161(81%) |
| 山西 | 123 | 121(98%) | 123 | 70(57%) |
| 内蒙古 | 109 | 81(74%) | 108 | 47(44%) |
| 辽宁 | 109 | 108(99%) | 109 | 79(72%) |
| 吉林 | 59 | 53(90%) | 52 | 26(50%) |
| 黑龙江 | 65 | 56(86%) | 61 | 46(75%) |
| 上海 | 42 | 40(95%) | 41 | 36(88%) |
| 江苏 | 380 | 364(96%) | 378 | 359(95%) |
| 浙江 | 187 | 134(72%) | 181 | 142(78%) |
| 安徽 | 110 | 109(99%) | 110 | 98(89%) |
| 福建 | 103 | 99(96%) | 105 | 95(90%) |
| 江西 | 98 | 98(100%) | 96 | 70(73%) |
| 山东 | 239 | 238(100%) | 239 | 226(95%) |
| 河南 | 172 | 172(100%) | 172 | 152(88%) |
| 湖北 | 114 | 96(84%) | 33 | 16(48%) |
| 湖南 | 130 | 129(99%) | 127 | 80(63%) |
| 广东 | 297 | 286(96%) | 291 | 253(87%) |
| 广西 | 102 | 101(99%) | 100 | 82(82%) |
| 海南 | 27 | 26(96%) | 22 | 17(77%) |
| 重庆 | 71 | 70(99%) | 71 | 58(82%) |
| 四川 | 146 | 146(100%) | 146 | 135(92%) |
| 贵州 | 76 | 73(96%) | 79 | 52(66%) |
| 云南 | 78 | 76(97%) | 75 | 62(83%) |
| 陕西 | 76 | 74(97%) | 78 | 64(82%) |
| 甘肃 | 53 | 49(92%) | 53 | 25(47%) |
| 青海 | 12 | 10(83%) | 13 | 7(54%) |
| 宁夏 | 21 | 20(95%) | 21 | 4(19%) |
| 新疆维吾尔自治区 | 14 | 9(64%) | 13 | 6(46%) |
| 总计 | 3 300 | 3 117(94%) | 3 182 | 2 549(80%) |

分别为44%、46%和19%。污水处理厂达标率呈现一定地区差异,总体来说,水资源丰富、经济发达的中东部省份达标率高于干旱、经济落后的西部地区省份。

从排入受纳水体结果可知(图2):受纳水体水质要求越高,排口污染物达标率越低,这符合一般现实情况。对于COD来说,Ⅳ类、Ⅴ类水体的排口污染物达标率较高,均达到了99%,排入Ⅰ类、Ⅱ类水体污染物达标率较低,分别为93%、94%;对于$NH_3$-N来说,Ⅳ类、Ⅴ类水体的排口污染物达标率较高,均达到了98%、97%,排入Ⅰ类、Ⅱ类水体污染物达标率较低,分别为71%、61%。

2)通过对处理工艺污染物达标率分析发现,COD达标率较高的工艺是MBR、组合塘生态工艺和氧化沟,达标率分别为100%、100%和98%,该结果与陈中颖等研究结果"氧化沟和SBR工艺出水的$BOD_5$和COD稳定性较好"相互印证[24];$NH_3$-N达标率较高的工艺是MBR、$A^2/O$和氧化沟,达标率分别为100%、86%和80%。值得注意的是MBR、组合塘生态工艺等工艺样本量较少,达标率结果存在一定不确定性,下一步的研究需补充更多相关工艺排放数据。

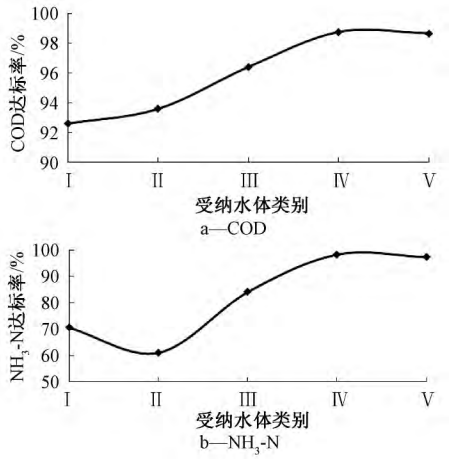



图2 排入受纳水体COD、$NH_3$-N达标率情况

Fig. 2 Standard rate situation of COD and $NH_3$-N of waste water discharging receiving waters

表4 在线监测污水处理厂各处理工艺化学需氧量、氨氮达标率情况

Table 4 Standard rate situation of COD and $NH_3$-N of various technologies in online monitoring sewage plants

| 工艺名称 | COD污水厂样本总数/个 | COD达标样本数/个 | COD达标率/% | $NH_3$-N污水厂样本总数/个 | $NH_3$-N达标样本数/个 | $NH_3$-N达标率/% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 氧化沟 | 906 | 886 | 98 | 871 | 695 | 80 |
| $A^2/O$ | 763 | 732 | 96 | 735 | 631 | 86 |
| SBR | 563 | 530 | 94 | 546 | 423 | 77 |
| A/O | 212 | 193 | 91 | 208 | 164 | 79 |
| 传统活性污泥法 | 203 | 182 | 90 | 197 | 143 | 73 |
| 生物膜法 | 163 | 153 | 94 | 154 | 117 | 76 |
| 百乐克 | 93 | 85 | 91 | 91 | 66 | 73 |
| MBR | 7 | 7 | 100 | 7 | 7 | 100 |
| 反渗透 | 2 | 1 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| 组合塘生态工艺 | 1 | 1 | 100 | 1 | 0 | 0 |
| 总计 | 2 913 | 2 770 | 95 | 2 809 | 2 246 | 80 |

## 2.4 讨 论

城镇污水处理厂污染物达标率除了受排放标准影响外,还与政策法规、技术更新、生态环境、运行负荷率、进水水质等因素紧密相关[4,11],需进一步开展多要素数据(例如降水、水温等)对不同区域排放达

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标率影响分析,获得不同省份城镇污水处理厂达标率的关键影响因素,为地方管理部门制定地方排放标准提供数据支持。

## 3　结　论

1)本研究基于中国城镇污水排放在线监测数据,通过数据处理、统计分析,获得了 2015 年全国污染物排放达标情况的第一手资料。下一步研究需要建立全国污水在线监测数据挖掘模型,对低浓度数据做有效甄别,提高分析结果的可靠性,为全国监测系统的完善作有效支撑。本研究建议参考欧盟标准(第 95 百分位数法)等评价方法,明确中国城镇污水处理厂污水排放达标率评价方法,可为环保部门提供管理依据。

2)从空间分布来看,中国城镇污水处理厂分布极不均衡,经济发达、水资源丰富的中东部地区数量较多,经济欠发达、水资源紧缺的西部地区数量较少。从时间分布来看,2000 年之后,中国在线监测联网的城镇污水处理厂数量飞速增长,2010 年新增联网企业数量达到顶峰,而近几年联网在线监测企业数量增速明显放缓。

3)参考欧盟标准(第 95 百分位数法)等评价方法,计算得到了 2015 年中国不同维度条件下(不同省份、不同处理工艺、不同受纳水体等),城镇污水处理厂 COD、$NH_3$-N 排放达标率情况。2015 年全国城镇污水处理厂 COD、$NH_3$-N 排放达标率分别为 94%、80%。从省份来看,天津、江西、河南、四川和山东 COD 达标率均为 100%,天津、山东、江苏 $NH_3$-N 达标率较高,达标率分别为 100%、95% 和 95%;从处理厂排入水体的类型来看,排入Ⅳ类、Ⅴ类水体的排口达标率较高,达到了 97% 以上;从污水处理工艺的达标率来看,MBR、组合塘生态工艺、氧化沟、$A^2/O$ 等工艺处理 COD、$NH_3$-N 效果较好。对于达标率较低的省份,应结合现场核查等手段,进一步分析超标原因,并严格按照排放标准的要求,加强对污染治理设施的监管和查处力度,为环保部门提供管理依据。

## 参考文献


[1] 中华人民共和国环境保护部. 中国环境统计年报 2014 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012: 204.

[2] 周羽化,卢延娜,张虞,等. 某城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价分析 [J]. 环境科学,2014,35(10):3998-4002.

[3] 国家环境保护部. GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准 [S].

[4] 谭雪,石磊,马中,等. 基于污水处理厂运营成本的污水处理费制度分析: 基于全国 227 个污水处理厂样本估算 [J]. 中国环境科学,2015,35(12):3833-3840.

[5] 孙迎雪,吴光学,胡洪营,等. 基于达标保证率的昆明市污水处理厂出水水质评价 [J]. 中国环境科学,2013,33(6):1113-1119.

[6] Zhang H, Du M M, Jiang H Y, et al. Occurrence, seasonal variation and removal efficiency of antibiotics and their metabolites in wastewater treatment plants, Jiulongjiang River Basin, South China [J]. Environmental Science: Processes & Impacts, 2015, 17: 225-234.

[7] 牛坤玉,王金南,於方,等. 城镇污水处理排放标准改革的费效分析 [J]. 环境科学学报,2011,31(7):1562-1568.

[8] 杨凌波,曾思育,鞠宇平,等. 我国城市污水处理厂能耗规律的统计分析与定量识别 [J]. 给水排水,2008,34(10):42-45.

[9] 董文福,傅德黔. 我国城市污水处理厂现状、存在问题及对策研究 [J]. 环境科学导刊,2008,27(3):40-42.

[10] 李楠,王秀衡,任南琪,等. 我国城镇污水处理厂脱氮除磷工艺的应用现状 [J]. 给水排水,2008,34(3):39-42.

[11] 崔建鑫,赵海霞. 城镇污水处理设施空间优化配置研究 [J]. 中国环境科学,2016,36(3):943-952.

[12] 王丽玲,张树深,张芸. 城镇污水处理厂清洁生产等级评价二元语义模型与方法 [J]. 中国环境科学,2014,34(11):2976-2984.

[13] 周羽化,卢延娜,张虞,等. 城镇污水处理厂常规水污染物日排放现状评价分析 [J]. 工业水处理,2016,36(1):12-15.

[14] 王凯军. 可持续发展的新型、高效城市污水处理技术探讨 [J]. 给水排水,2005,31(2):32-35.

[15] Liao Z, Hu T, SAC Roker. An obstacle to China's WWTPs: The COD and BOD standards for discharge into municipal sewers [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2015, 22(21), 16434-16440

[16] Wang X H, Wang X, Huppes G, et al. Environmental implications of increasingly stringent sewage discharge standards in municipal wastewater treatment plants: Case study of a cool area of China [J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 94: 278-283.

[17] Zhang Q H, Yang W N, Ngo H H, et al. Current status of urban wastewater treatment plants in China [J]. Environment International, 2016, 92/93: 11-12.

[18] 褚俊英,陈吉宁,邹骥,等. 中国城市污水处理厂资源配置效率的比较 [J]. 中国环境科学,2004,24(2):115-119.

[19] 王佳伟,张天柱,陈吉宁. 污水处理厂 COD 和氨氮总量削减的成本模型 [J]. 中国环境科学,2009,29(4):443-448.

[20] 中华人民共和国环境保护部. 全国环境统计公报(2014 年) [EB/OL]. http://zls.mep.gov.cn/hjtj/qghjtjgb/201510/t20151029_315798.htm. 2015-10-29.

[21] Council of the European Communities. Council Directive Concerning Urban Waste Water Treatment (91/271/EEC) [Z]. Official Journal of the European Communities, No L135. 1991.

[22] 杨勇,王玉明,王琪,等. 我国城镇污水处理厂建设及运行现状分析 [J]. 给水排水,2011,37(8):35-39.


(下转第 90 页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

准确性，需进行正向模拟实验，以待监测区域示踪气体的监测浓度进行验证。

## 3 现阶段的问题与展望

目前，基于遥感 FTIR 的扩散模式反推法在实际的工程运用中仍存在一定的问题，遥感 FTIR 监测结果线平均浓度与扩散模式反推法点式浓度的结合与转化问题尚待解决。很多科技工作者已经实现了遥感 FTIR 技术监测结果的转化，比如 CT 技术等，但是该方法计算复杂，增加了实际操作的难度，且未从根本上实现遥感 FTIR 技术与扩散模式反推法的结合。Lowry A Harper 等进行了现场模拟实验，成功实现了遥感 FTIR 技术与 bLS 模型的扩散模式反推法的根本结合，解决了线平均浓度与点浓度的转化问题，获得了良好的监测结果[24]。

随着光谱技术的发展，与光谱技术相结合的污染物的核算技术、污染物的溯源技术引起了国内外学者的关注[25-26]。基于 FTIR 的扩散模式反推法也以其在工程实际中的独特优势，为石化行业挥发性有机污染物 VOCs 的核算提供了一种新思路。

## 参考文献


[1] 苏伟健，黎碧霞，李霞，等. 挥发性有机化合物(VOCs)源强核算方法的研究[J]. 环境工程，2014，32(8)：121-126.

[2] 安伟铭. 兰州西固石化工业集中区 VOCs 和氨源强核算及削减方案建议[D]. 兰州：兰州大学，2016.

[3] 刘文清，陈臻懿，刘建国，等. 中国大气环境光学探测研究[J]. 遥感学报，2016(5)：724-732.

[4] 胡更新，夏立国. 尘粒无组织排放量测定方法的探讨[J]. 环境工程，1988，6(5)：40-44.

[5] 吕兆丰，魏巍，杨干，等. 某石油炼制企业 VOCs 排放源强反演研究[J]. 中国环境科学，2015，35(10)：2958-2963.

[6] EPA. OTM10[Z]. FINAL ORS Protocol，June 14，2006.

[7] 刘文清，陈臻懿，刘建国，等. 我国大气环境立体监测技术及应用[J]. 科学通报，2016(30)：3196-3207.

[8] 卢卓恒. 遥感 FTIR 在大气环境监测中应用及发展展望[J]. 科技展望，2015(4)：145.

[9] 汪巍，刘冰，李健军. 大气温室气体浓度在线监测方法研究进展[J]. 环境工程，2015，33(6)：125-128.

[10] 汪尔康. 分析化学新进展[M]. 北京：科学出版社，2002.

[11] 高闽光，刘文清，张天舒，等. 傅里叶变换红外光谱法被动遥测大气中 VOC[J]. 光谱学与光谱分析，2005(7)：1042-1044.

[12] 翟崇治，刘芮伶，许丽萍，等. 利用 SOF-FTIR 监测重庆晏家工业区挥发性有机物排放[J]. 大气与环境光学学报，2015(2)：158-164.

[13] 洪伟，古国榜，杨立君. 大气扩散高斯模式的灵敏度系统分析[J]. 环境工程，2003，21(2)：62-64，5.

[14] 吴文军，丁峰. 面源模式的通用算法探讨[J]. 环境科学研究，2007(2)：118-122.

[15] 谷清，杨新兴. 面源模式数值模拟计算分析[J]. 安全与环境学报，2002(2)：10-13.

[16] 刘品高，谌芸，陈江民，等. 对虚点源模式的一种改进[J]. 环境科学与技术，2009(1)：111-114.

[17] 胡更新. 工业企业卫生防护距离确定原则与方法[J]. 中国环境科学，1981，1(6).

[18] Yang Xu. Recommending an improved method for monitoring and estimating fugitive emissions[J]. Environmental Monitoring and Assessment，1988，10(1)：25-35.

[19] 铁学熙. 城市区粗糙度 z_0 对大气扩散参数影响的研究[J]. 环境科学，1981(3)：12-15.

[20] 许敏第. 等容气球法探测大气扩散参数[J]. 环境工程，1987，5(2)：52-58.

[21] 李靖. 白沙核电厂址大气扩散特征和扩散参数的研究[D]. 太原：中北大学，2010.

[22] 刘珂，鲍昕杰，杨杰，等. 固定点大气湍流观测计算核电厂地区大气扩散参数的方法[J]. 资源节约与环保，2016(7)：105-106.

[23] 南京大学气象系湍流组. 城市近郊中小型工厂大气污染扩散试验的分析研究[J]. 环境科学，1979，(3)：12-17.

[24] Flesch T K，Wilson J D，Harper L A. Deducing ground-to-air emissions from observed trace gas concentrations：A field trial[J]. Journal of Applied Meteorology，2004(43)：487-502.

[25] Chen，Mei-Hsia. Source identification of VOCs in a petrochemical complex by applying open-path fourier transform infrared spectrometry[J]. Aerosol and Air Quality Research，2014：1630-1638.

[26] Ro Kyoung S，Johnson Melvin H，Hunt Patrick G. Measuring trace gas emission from multi-distributed sources using vertical radial plume mapping (VRPM) and backward lagrangian stochastic (bLS) techniques[J]. Atmosphere，2011，2：553-566.



通信作者：赵东风(1968-)，男，博士，教授，主要研究方向为大气污染与防治、水污染的防治及回用等。zhaodf@vip.sina.com

邹兵(1961-)，男，教授级高工，主要研究方向为石油化工行业安全防护与检测技术等。zoub.qday@sinopec.com


(上接第 81 页)


[23] 宋连朋，魏连雨，赵乐军，等. 我国城镇污水处理厂建设运行现状及存在问题分析[J]. 给水排水，2013，39(3)：39-44.

[24] 陈中颖，刘爱萍，刘永，等. 中国城镇污水处理厂运行状况调查分析[J]. 环境污染与防治，2009，31(9)：99-102.



第一作者：刘梦(1983-)，女，工程师，硕士，主要研究方向环境管理。liumeng@zchb.net


(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net