

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第35卷 第10期

Vol.35 No.10

2014

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版



目次

基于虚拟撞击原理的固定源 PM₁₀/PM_{2.5} 采样器的研制 蒋靖坤, 邓建国, 段雷, 张强, 李振, 陈小彤, 李兴华, 郝吉明 (3639)

1992~2012年福州市和厦门市酸雨变化特征及影响因素 郑秋萍, 王宏, 陈彬彬, 隋平, 林文 (3644)

青岛近海不同天气状况下大气气溶胶中金属元素浓度分布特征研究 陈晓静, 祁建华, 刘宁, 张翔宇, 申恒青, 刘明旭 (3651)

化学合成类制药行业工艺废气 VOCs 排放特征与危害评估分析 李嫣, 王浙明, 宋爽, 徐志荣, 许明珠, 徐威力 (3663)

烧结过程 NO_x 和 SO₂ 形成规律及烧结料组成对 NO_x 排放的影响 任重培, 朱天乐, 朱廷钰, 吕栋 (3669)

废茶活性炭脱硫脱硝性能的应用研究 宋磊, 张彬, 邓文 (3674)

黑河中游边缘荒漠-绿洲非饱和带土壤质地对土壤氮积累与地下水氮污染的影响 苏永中, 杨晓, 杨荣 (3683)

海河流域河流生态系统健康评价 郝利霞, 孙然好, 陈利顶 (3692)

台州长潭水库铁锰质量浓度变化特征及其成因分析 刘树元, 郑晨, 袁琪, 王先兵, 王稀炎 (3702)

山地城市新建湖库氮磷营养盐时空特征研究 包静玥, 鲍建国, 李立青 (3709)

岩溶地下水水文地球化学对降雨的响应: 以重庆雪玉洞地下河系统为例 王凤康, 梁作兵, 于正良, 江泽丽 (3716)

岩溶地下河流域水中多环芳烃污染特征及生态风险评价 蓝家程, 孙玉川, 田萍, 卢丙清, 师阳, 徐昕, 梁作兵, 杨平恒 (3722)

废旧电器拆解区河流沉积物中多溴联苯醚 (PBDEs) 的污染特征与生态风险 陈宣宇, 薛南冬, 张石磊, 李发生, 龚道新, 刘博, 孟磊 (3731)

海河流域中南部河流沉积物的重金属生态风险评价 王瑞霖, 程先, 孙然好 (3740)

大辽河口 COD 与 DO 的分布特征及其影响因素 杨福霞, 简慧敏, 田琳, 姚庆祯 (3748)

辽河下游 CDOM 吸收与荧光特性的季节变化研究 邵田田, 赵莹, 宋开山, 杜嘉, 丁智 (3755)

伊乐藻和氮循环菌技术对太湖氮素吸收和反硝化的影响 刘丹丹, 李正魁, 叶忠香, 张万广 (3764)

地表水体放线菌分离鉴定与致嗅能力研究 陈娇, 白晓慧, 卢宁, 王先云, 章永辉, 吴潘成, 郭心驰 (3769)

地下水循环井技术修复硝基苯污染含水层效果模拟 白静, 赵勇胜, 孙超, 秦传玉, 于凌 (3775)

茶叶基水合氧化铁吸附水体中 Pb(II) 的性能 万顺利, 薛瑶, 马钊钊, 刘国斌, 余艳霞, 马明海 (3782)

紫外辐射对小分子有机酸化学凝聚性作用途径探讨 王文东, 王亚博, 范庆海, 丁真真, 王文, 宋珊, 张银婷 (3789)

水中普萘洛尔的紫外光降解机制及其产物毒性 彭娜, 王开峰, 刘国光, 曾令泽, 姚锟, 吕文英 (3794)

二氧化钛 (P25) 光催化降解二苯砷酸的研究 王阿楠, 滕应, 骆永明 (3800)

碳氮比对聚氨基酯生物膜反应器短程硝化反硝化的影响 谭冲, 刘颖杰, 王薇, 邱珊, 马放 (3807)

城市污泥中温厌氧消化过程中厌氧耐药菌的分布与去除研究 佟娟, 王元月, 魏源送 (3814)

快速城市化区域表层土壤中杀虫剂的空间分布及风险评估 韦燕莉, 鲍志君, 巫承洲, 曾永平 (3821)

重庆铁山坪马尾松林土壤汞排放特征的现场测试 杜宝玉, 王琼, 罗遥, 段雷 (3830)

应用 X 射线吸收近边结构谱研究东北农耕地土壤中的氯种态及含量 李晶, 郎春燕, 马玲玲, 徐殿斗, 郑雷, 路雨楠, 崔丽瑞, 张晓萌 (3836)

植被重建下煤矿排土场土壤熟化过程中碳储量变化 李俊超, 党廷辉, 郭胜利, 薛江, 唐骏 (3842)

硫素对氧化还原条件下水稻土氧化铁和砷形态影响 唐冰培, 杨世杰, 王代长, 饶伟, 张亚楠, 王丹, 朱云集 (3851)

外生菌根真菌对 Al³⁺ 胁迫和低钾土壤的响应 张薇, 黄建国, 袁玲, 李阳波, 何林卫 (3862)

长期施用猪粪水稻土抗生素抗性基因污染研究 黄福义, 李虎, 韦蓓, 欧阳纬莹, 苏建强 (3869)

外源添加磷和有机酸模拟铅污染土壤钝化效果及产物的稳定性研究 左继超, 高婷婷, 苏小娟, 万田英, 胡红青 (3874)

污染场地六价铬的还原和微生物稳定化研究 郑家传, 张建荣, 刘希雯, 许倩, 施维林 (3882)

热强化气相抽提对不同质地土壤中苯去除的影响 李鹏, 廖晓勇, 阎秀兰, 崔骁勇, 马栋 (3888)

O₃ 浓度升高对南方城市绿化树种氮素的影响 杨田田, 张巍巍, 胡恩柱, 王效科, 田媛, 冯兆忠 (3896)

施氮强度对不同土壤有机碳水平按树林温室气体通量的影响 李睿达, 张凯, 苏丹, 逯非, 万五星, 王效科, 郑华 (3903)

¹³C₂O₂ 示踪臭氧胁迫对水稻土壤微生物的影响 陈展, 王效科, 尚鹤 (3911)

表面活性剂 *Burkholderia xenovorans* LB400 体系对低氯代 PCBs 的好氧强化降解 陈少毅, 张静, 汪涵, 任源 (3918)

耐高氨氮异养硝化-好氧反硝化菌 TN-14 的鉴定及其脱氮性能 信欣, 姚力, 鲁磊, 冷璐, 周迎芹, 郭俊元 (3926)

微氧环境中电化学活性微生物的分离与鉴定 吴松, 肖勇, 郑志勇, 郑越, 杨朝晖, 赵峰 (3933)

电极活性菌分离过程中微生物群落结构动态特征解析 王敏, 赵阳国, 卢珊珊 (3940)

铜对草鱼及花鲢的毒性预测: 基于生物配体模型 王万宾, 陈莎, 吴敏, 赵婧 (3947)

天鹅洲故道底栖动物群落特征及水质生物学评价 马秀娟, 沈建忠, 王腾, 王海生, 黄丹, 孙广文, 龚成 (3952)

水生生物基准推导中物种选择方法研究 张铃松, 王业耀, 孟凡生, 周岳溪, 于海斌 (3959)

生产源区人血清中六溴环十二烷水平与甲状腺激素相关性研究 李鹏, 杨从巧, 金军, 王英, 刘伟志, 丁问微 (3970)

金属氧化物-Laponite 黏土复合材料负载氧化钴催化剂的制备及对苯的催化消除性能 牟真, 麻春艳, 程杰, 李进军 (3977)

CuO(-CeO₂)/Al₂O₃ 催化剂对苯催化氧化性能研究 查键, 周宏仓, 何都良, 单龙, 张露, 谢婕 (3984)

生物毒性检测在水质安全评价中的应用 徐建英, 赵春桃, 魏东斌 (3991)

某城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价分析 周羽化, 卢延娜, 张虞, 朱静, 雷晶, 申晨, 武雪芳 (3998)

北京市再生水利用生态环境效益评估 范育鹏, 陈卫平 (4003)

我国持久性有机污染物污染事故预警指标体系构建 王琳, 吕永龙, 贺桂珍, 王铁宇 (4009)

环境损害评估: 构建中国制度框架 张红振, 王金南, 牛坤玉, 董璟琦, 曹东, 张天柱, 骆永明 (4015)

《环境科学》征稿简则 (3887) 《环境科学》征订启事 (4008) 信息 (3730, 3739, 3774, 3895)

某城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价分析

周羽化^{1,2}, 卢延娜², 张虞², 朱静², 雷晶², 申晨², 武雪芳^{2*}

(1. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 2. 中国环境科学研究院环境标准研究所, 北京 100012)

摘要: 基于统计学的方法理论, 分析北方某城市 11 家采用二级处理或二级强化处理工艺的城镇污水处理厂 3 a 例行监测数据, 得到该城市城镇污水处理厂化学需氧量(COD)的排放浓度呈 Delta-对数正态分布. 在此基础上, 借鉴美国水污染物排放限值制订方法, 对该城市城镇污水处理厂 COD 任意一天排放和月均排放情况进行评价分析, 得到其任意一天最大值低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准($50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)要求, 同时提出了月均排放评价结论, 并对相关结论进行了讨论. 本研究探索的方法体系和结论可为相关污染物排放标准的制修订提供参考.

关键词: 城镇污水处理厂; COD; 排放现状; 评价; 排放标准

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2014)10-3998-05 DOI: 10.13227/j.hjkk.2014.10.050

Assessment on the COD Discharge Status of Municipal Wastewater Treatment Plant in a City of China

ZHOU Yu-hua^{1,2}, LU Yan-na², ZHANG Yu², ZHU Jing², LEI Jing², SHEN Chen², WU Xue-fang²

(1. College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Institute of Environmental Standards, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Based on the statistical theory, the paper collected routine monitoring data for 3 years of 11 municipal wastewater treatment plants with secondary treatment or enhanced secondary treatment in a northern city in China, and analysis of the discharge concentration distribution of COD showed a Delta-lognormal distribution. On this basis, referring to the formulation methods of water pollutant discharge limits used in the USA, the paper studied and assessed the discharge status of COD of the municipal wastewater treatment plants in the city, including the daily maximum and the monthly average discharge status, and came to the conclusion that the daily maximum discharge status met the first grade A class discharge standard ($50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) required by the Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918-2002). Meanwhile, the assessment conclusion was obtained for the monthly average discharge status, and the conclusions were discussed. The assessment method and the conclusions in this paper might provide reference for formulation and revision of water discharge standards.

Key words: municipal wastewater treatment plant; COD; discharge status; assessment; discharge standards

2012 年, 我国城镇生活污水中化学需氧量(COD)排放量 912.8 万 t, 占全国 COD 排放总量的 37.6%^[1], 城镇生活污水是我国主要的 COD 排放源之一, 也是我国废水中 COD 排放削减的重点行业. 城镇污水处理厂以处理城镇居民生活污水, 机关、学校、商业服务机构及各种公共设施排放废水为主, 目前我国城镇污水处理厂的废水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002), 该标准实施 10 余年, 在污水处理厂提标改造、COD 总量削减等方面都发挥了积极的促进作用. 目前, 许多地方城镇污水处理厂的污染物排放水平已有较大程度降低, 但通过更加系统、科学、合理的方法对其实际排放水平进行评价, 进而为排放标准的修订提供研究为数不多. 本研究旨在基于统计学理论方法, 采用某城市城镇污水处理厂实际排放监测数据, 探索城镇污水处理厂 COD 排放现状的评价方法, 以期对相关排放标准的制修订提供参考.

1 研究对象与数据来源

以北方某城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价为研究目标, 收集了该城市 11 家采用二级处理或二级强化处理工艺的城镇污水处理厂 2011 ~ 2013 年度例行监测数据. COD 监测的分析方法均采用重铬酸盐法, 检出限为 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 监测值为日均值. 每个厂的数据 36 个(个别厂少于 36 个, 但均多于 30 个), 11 家厂整体数据共 383 个, 数据分析采用 SPSS 18.0.

收稿日期: 2014-02-26; 修订日期: 2014-04-13

基金项目: 环境保护公益性行业科研专项(201209052)

作者简介: 周羽化(1981~), 女, 博士研究生, 副研究员, 主要研究方向为水环境标准、环境管理, E-mail: zhoyuh@craes.org.cn

* 通讯联系人, E-mail: wuxf@craes.org.cn

2 COD 排放浓度概率分布

为了考察城镇污水处理厂 COD 排放特征,将该城市各厂 3 a 的 COD 排放监测数据和 11 家城镇污水处理厂 3 a 的 COD 排放监测数据作为整体,分别进行概率分布分析. 其中,低于和等于检出限的数据,均表示为检出限值 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (以下称为 ND 值). 由图 1 和图 2 的直方图可见,除 ND 值外,COD 的排放浓度数据无论是单厂还是 11 家厂整体均呈偏态分布.

如果将 ND 值排除,对其他监测数据进行自然对数转化,再进行概率分布分析,由图 3 和图 4 的直方图可见,单厂和 11 家厂整体的 COD 对数值呈正态分布. 进行正态概率图(Q-Q 图)分析,如图 5 和图 6 所示,Q-Q 图线性关系吻合程度较高,可以认为,除 ND 值外,COD 对数值具有正态性.

对于 COD 排放浓度呈现的这种分布,统计学上称为 Delta-对数正态分布^[2]. Delta-对数正态分布由两部分组成,一部分为设限样本,由 ND 值所构成;另一部分则由高于 ND 值的数据构成,且这部分数据呈现对数正态分布. Delta-对数正态分布的分布函数可表示为^[3~7]:

$$f(x) = \delta I(x_0) + (1 - \delta)g(x) \quad (1)$$

式中, δ 为未检出的比例, $0 \leq \delta \leq 1$; $x_0 = \text{ND}$ 时(即未检出时), $I(x_0) = 1$,否则 $I(x_0) = 0$; $g(x)$ 为服从对数正态分布函数.

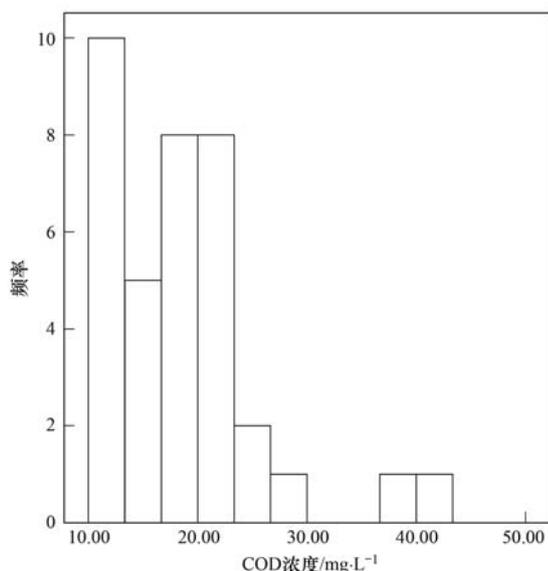


图 1 某厂 COD 排放浓度分布

Fig. 1 Histogram for COD discharge concentration distribution in a plant

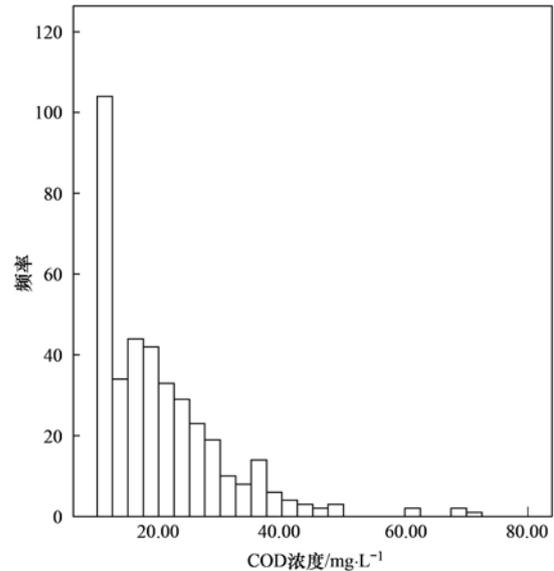


图 2 11 家厂 COD 排放浓度分布

Fig. 2 Histogram for COD discharge concentration distribution in the 11 plants

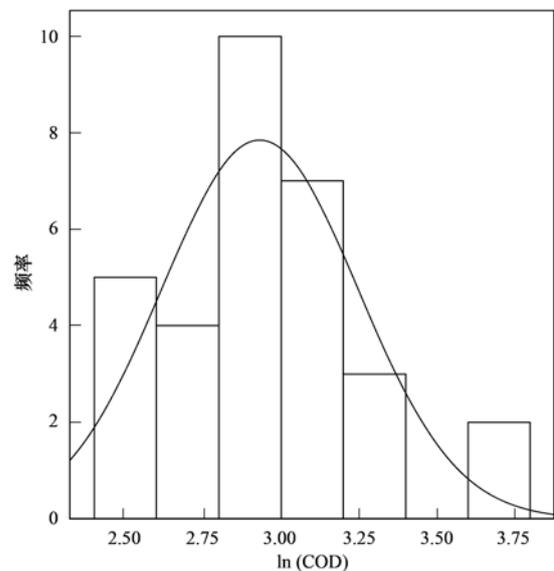


图 3 某厂 COD 排放浓度对数分布(除 ND 值外)

Fig. 3 Histogram for natural logarithm of COD distribution(except ND values) in a plant

3 COD 排放现状分析

借鉴美国水污染物排放标准限值制定方法,本研究中水污染物排放现状由长期平均值(long time average, LTA)乘以变异系数(variability factor, VF)的结果进行评价^[3~7]. 其中,长期平均值反映的是污水处理系统所达到的对污染物的平均控制水平;变异系数反映的是由于处理系统的波动,可能出现的污染物排放最大值与期望值的比值.

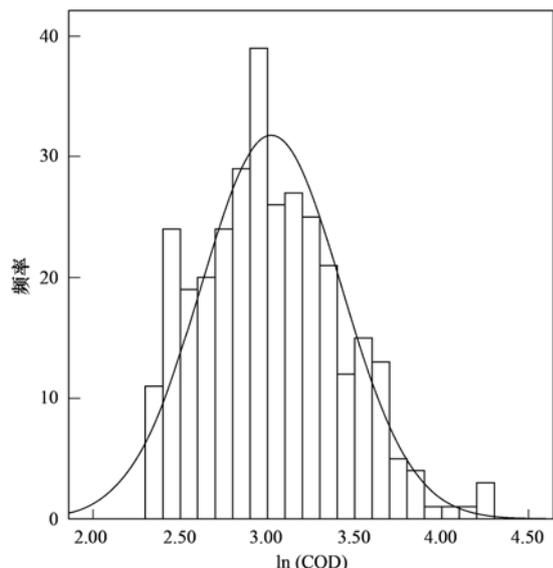


图 4 11 家厂 COD 排放浓度对数分布(除 ND 值外)

Fig. 4 Histogram for natural logarithm of COD distribution (except ND values) in the 11 plants

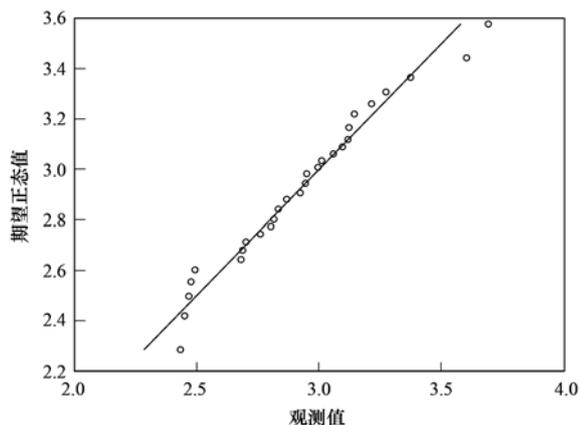


图 5 某厂 COD 排放浓度对数值正态概率(除 ND 值外)

Fig. 5 Normal Q-Q plot of natural logarithm of COD discharge concentration(except ND values) in a plant

表 1 某城市 11 家污水处理厂 COD 排放长期平均值

Table 1 Long-term average of COD discharge for the 11 wastewater treatment plants in the city

污水处理厂	主体处理工艺	未检出比例 /%	长期平均值 /mg·L ⁻¹
1	SBR	14	18.4
2	SBR	5.6	19.0
3	活性污泥	26	14.2
4	普通生物滤池	8.6	19.9
5	普通生物滤池	2.9	35.8
6	普通生物滤池	17	17.5
7	活性污泥	0	25.5
8	SBR	35	16.8
9	A ² /O	36	14.9
10	超滤膜法	36	18.1
11	活性污泥	0	28.7

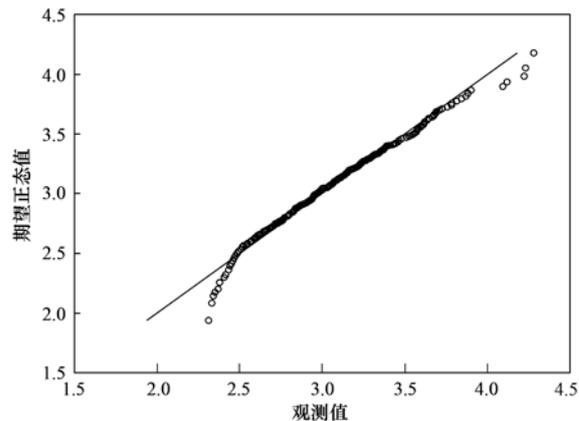


图 6 11 家厂 COD 排放浓度对数值正态概率(除 ND 值外)

Fig. 6 Normal Q-Q plot of natural logarithm of COD discharge concentration(except ND values) in the 11 plants

3.1 单厂长期平均值

对于某个污水处理厂来说,由于 COD 符合 Delta-对数正态分布,其长期平均值由式(2)计算得到^[3-7]. 该城市 11 家污水处理厂的处理工艺及 COD 排放的长期平均值见表 1.

$$LTA_j = \delta D + (1 - \delta) \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

式中, LTA_j 为污水处理厂 j 的 COD 长期平均值; D 为检出限; n 为检出的浓度值个数; X_i 为污水处理厂 j 的检测结果大于检出限的值; δ 为污水处理厂 j 的 COD 排放浓度低于或等于检出限的比例.

3.2 单厂变异系数

(1) 任意一天变异系数

任意一天变异系数考察的是在一天时间范围内污染物排放浓度的波动情况,直接影响日均浓度的排放达标. 借鉴美国水污染物排放现状分析方法,采用 99% 置信概率下的变异系数作为任意一天变异系数. 由于 COD 排放呈 Delta-对数正态分布,因此其任意一天变异系数计算方法为^[3-7]:

$$VF(1) = \frac{\hat{P}_{99}}{\hat{E}(X)} \quad (3)$$

式中,当 $\delta \geq 0.99$:

$$\hat{P}_{99} = D$$

$$\text{当 } \delta < 0.99: \hat{P}_{99} = \max(D, e^{\mu+z\sigma}) \quad (4)$$

$$\hat{E}(x) = \hat{\delta} D + (1 - \hat{\delta}) e^{\hat{\mu}+0.5\hat{\sigma}^2} \quad (5)$$

并有:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (6)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\mu})^2 / (n - 1) \quad (7)$$

$$z = \phi^{-1} \left(\frac{0.99 - \delta}{1 - \delta} \right) \quad (8)$$

式中, y_i 为除 ND 值外的 COD 实际观测值, ϕ 为正态累积分布函数值。

(2) 月平均变异系数

月平均变异系数是在更长时间范围内考察废水排放的波动情况。理论上, 月平均变异系数应低于任意一天变异系数, 因为月平均变异系数能更好地“消化”掉一些较为异常的日均高值。在没有连续自动监测数据的情况下, 取任意 4 d 的平均值, 并采用

95% 置信概率来计算月平均变异系数^[3~7], 即:

$$VF(4) = \frac{\hat{P}_{95}}{\hat{E}(\bar{X}_4)} \quad (9)$$

当 $\delta_4 \geq 0.95$: $\hat{P}_{95} = D$;

当 $\delta_4 < 0.95$: $\hat{P}_{95} = \max(D, e^{\hat{\mu}_4 + z_4 \hat{\sigma}_4})$ (10)

$$\hat{E}(\bar{X}_4) = \hat{\delta}_4 D + (1 - \hat{\delta}_4) e^{\hat{\mu}_4 + 0.5 \hat{\sigma}_4^2} \quad (11)$$

式中, $z_4 = \phi^{-1} \left(\frac{0.95 - \delta_4}{1 - \delta_4} \right)$, ϕ 为正态累积分布函数值。

根据上述方法, 计算得到该城市 11 家城镇污水处理厂的变异系数, 见表 2。

表 2 某城市 11 家污水处理厂 COD 变异系数

Table 2 VF of COD discharge for the 11 wastewater treatment plants in the city

污水处理厂	VF(1)	VF(4)	污水处理厂	VF(1)	VF(4)
1	2.09	1.33	7	1.92	1.27
2	1.93	1.28	8	2.42	1.41
3	2.07	1.30	9	2.38	1.38
4	2.08	1.33	10	3.92	1.71
5	2.93	1.52	11	2.39	1.39
6	2.18	1.35			

3.3 单厂 COD 排放现状评价

将表 1 中各厂的长期平均值乘以表 2 中各厂变

异系数, 可以得到各厂 COD 排放现状评价结果, 见表 3。

表 3 某城市 11 家污水处理厂 COD 排放现状评价结果

Table 3 COD discharge status for the 11 wastewater treatment plants in the city

污水处理厂	任意一天最大值 /mg·L ⁻¹	月均值 /mg·L ⁻¹	污水处理厂	任意一天最大值 /mg·L ⁻¹	月均值 /mg·L ⁻¹
1	38.5	24.5	7	49.0	32.4
2	36.7	24.3	8	40.7	23.7
3	29.4	18.5	9	35.5	20.6
4	41.4	26.5	10	71.0	31.0
5	104.9	54.4	11	68.6	39.9
6	38.2	23.6			

3.4 该城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价

就该城市而言, 城镇污水处理厂的总体长期平均值采用单厂长期平均值的中值, 总体变异系数采用单厂变异系数的中值^[3~7]。由此, 可以得到该城市城镇污水处理厂 COD 排放现状总体评价结果, 见表 4。

表 4 某城市城镇污水处理厂 COD 排放现状评价结果

Table 4 COD discharge status for the municipal wastewater treatment plants in the city

类别	LAT 中值 /mg·L ⁻¹	VF 中值	COD 排放情况 /mg·L ⁻¹
任意一天最大值	18.4	2.18	40.1
月均值		1.35	24.8

由上述结果可见, 该城市二级处理或二级强化处理的城镇污水处理厂的 COD 排放总体处于较低浓度水平, 在本研究方法体系下得到的任意一天最大值低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A (50 mg·L⁻¹) 的标准要求, 而月均排放浓度低于 30 mg·L⁻¹。

4 结论

(1) 经过统计分析得到以 COD 为例的污染物排放符合 Delta-对数正态分布, 除 COD 外, 该分布适用于重金属、有机物等存在未检出情况的污染物。但是, 在对一些样本量不多的有机物进行

研究分析时,还需要进行进一步的数据处理和优化.

(2)在本研究中除探讨了任意一天(日均)排放情况评价方法外,也对月均排放情况的评价进行了研究.但月均排放情况的评价主要基于手工监测数据,由于数据量的限制,在方法学上是采用任意4 d平均值为基础来计算,这对于重金属、有机物等排放情况的评价是有借鉴意义的,但采用连续自动监测数据开展连续30 d排放数据分析研究是非常有意义的.

(3)本研究基于统计学理论方法对某城市城镇污水处理厂COD排放现状进行了分析评价,评价结论可以为污染物排放标准的制修订提供参考.但在排放标准的制修订中,还需要综合考虑氨氮、重金属及其他污染物的排放控制要求和技术水平,筛选确定污染控制技术路线,并结合环境管理、产业发展、技术经济效益等方面因素,更加科学合理地确定排放限值.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 环境统计年报(2013年)[EB/OL]. <http://zls.mep.gov.cn/hjtj/>, 2013-12-25.
- [2] Aitchison J, Brown J A C. The lognormal distribution [M]. London: Cambridge University Press, 1963.
- [3] US EPA. EPA NPDES permit writers' manual [R]. Washington DC: Office of Wastewater Management, 2010.
- [4] US EPA. Development document for effluent limitations guidelines and standards for the organic chemicals, plastics and synthetic fibers point source category [R]. Washington DC: Office of Wastewater Management, 1987.
- [5] US EPA. Development document for final effluent limitations guidelines and standards for the pharmaceutical manufacturing point source category [R]. Washington DC: Office of Wastewater Management, 1998.
- [6] 周羽化, 原霞, 宫玥, 等. 美国水污染物排放标准制订方法研究与启示[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(11):175-180.
- [7] US EPA. Statistical support document for final effluent limitations guidelines and standards for the pharmaceutical manufacturing industry [R]. Washington DC: Office of Wastewater Management, 1998.

CONTENTS

Development of a Two Stage Virtual Impactor for Stationary Source PM ₁₀ and PM _{2.5} Sampling	JIANG Jing-kun, DENG Jian-guo, DUAN Lei, <i>et al.</i> (3639)
Characteristics and the Impact Factors of Acid Rain in Fuzhou and Xiamen 1992-2012	ZHENG Qiu-ping, WANG Hong, CHEN Bin-bin, <i>et al.</i> (3644)
Concentration Distribution of Metal Elements in Atmospheric Aerosol Under Different Weather Conditions in Qingdao Coastal Region	CHEN Xiao-jing, QI Jian-hua, LIU Ning, <i>et al.</i> (3651)
Emission Characteristics and Hazard Assessment Analysis of Volatile Organic Compounds from Chemical Synthesis Pharmaceutical Industry	LI Yan, WANG Zhe-ming, SONG Shuang, <i>et al.</i> (3663)
NO _x and SO ₂ Formation in the Sintering Process and Influence of Sintering Material Composition on NO _x Emissions	REN Zhong-pei, ZHU Tian-le, ZHU Ting-yu, <i>et al.</i> (3669)
Application of Activated Carbon from Waste Tea in Desulfurization and Denitrification	SONG Lei, ZHANG Bin, DENG Wen (3674)
Effect of Soil Texture in Unsaturated Zone on Soil Nitrate Accumulation and Groundwater Nitrate Contamination in a Marginal Oasis in the Middle of Heihe River Basin	SU Yong-zhong, YANG Xiao, YANG Rong (3683)
Health Assessment of River Ecosystem in Haihe River Basin, China	HAO Li-xia, SUN Ran-hao, CHEN Li-ding (3692)
Analysis on the Variation Characteristics of Iron and Manganese Concentration and Its Genesis in Changtan Reservoir in Taizhou, Zhejiang Province	LIU Shu-yuan, ZHENG Chen, YUAN Qi, <i>et al.</i> (3702)
Spatiotemporal Characteristics of Nitrogen and Phosphorus in a Mountainous Urban Lake	BAO Jing-yue, BAO Jian-guo, LI Li-qing (3709)
Formation of Geochemistry in Underground River Under Rainfall Conditions: An Example for Underground River at Xueyu Cave, Chongqing	WANG Feng-kang, LIANG Zuo-bing, YU Zheng-liang, <i>et al.</i> (3716)
Contamination and Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water and in Karst Underground River Catchment	LAN Jia-cheng, SUN Yu-chuan, TIAN Ping, <i>et al.</i> (3722)
Pollution Characteristics and Ecological Risk of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in River Sediments from an Electrical Equipment Dismantling Area	CHEN Xuan-yu, XUE Nan-dong, ZHANG Shi-lei, <i>et al.</i> (3731)
Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments in the Southern and Central Haihe River Basin	WANG Rui-lin, CHENG Xian, SUN Ran-hao (3740)
Distribution Characteristics of COD and DO and Its Influencing Factors in the Daliaohe Estuary	YANG Fu-xia, JIAN Hui-min, TIAN Lin, <i>et al.</i> (3748)
Seasonal Variation in the Absorption and Fluorescence Characteristics of CDOM in Downstream of Liaohe River	SHAO Tian-tian, ZHAO Ying, SONG Kai-shan, <i>et al.</i> (3755)
Nitrogen Uptake and Denitrification Study on the Joint Treatment of Aquatic Vegetation and Immobilized Nitrogen Cycling Bacteria in Taihu Lake	LIU Dan-dan, LI Zheng-kui, YE Zhong-xiang, <i>et al.</i> (3764)
Actinobacteria and Their Odor-producing Capacities in a Surface Water in Shanghai	CHEN Jiao, BAI Xiao-hui, LU Ning, <i>et al.</i> (3769)
Laboratory Evaluation of Remediation of Nitrobenzene Contaminated Aquifer by Using Groundwater Circulation Well	BAI Jing, ZHAO Yong-sheng, SUN Chao, <i>et al.</i> (3775)
Sorption Characteristics of Tea Waste Modified by Hydrated Ferric Oxide Toward Pb(II) in Water	WAN Shun-li, XUE Yao, MA Zhao-zhao, <i>et al.</i> (3782)
Effects of UV Radiation on the Aggregation Performance of Small Molecular Organic Acids	WANG Wen-dong, WANG Ya-bo, FAN Qing-hai, <i>et al.</i> (3789)
UV Photolysis of Propranolol in Aqueous Solution: Mechanism and Toxicity of Photoproducts	PENG Na, WANG Kai-feng, LIU Guo-guang, <i>et al.</i> (3794)
Photo-catalytic Degradation of Diphenylarsinic Acid by TiO ₂ (P25)	WANG A-nan, TENG Ying, LUO Yong-ming (3800)
Effect of Carbon/Nitrogen Ratio on Short-Cut Nitrification and Denitrification of Polyurethane Biofilm Reactor	TAN Chong, LIU Ying-jie, WANG Wei, <i>et al.</i> (3807)
Distribution and Removal of Anaerobic Antibiotic Resistant Bacteria During Mesophilic Anaerobic Digestion of Sewage Sludge	TONG Juan, WANG Yuan-yue, WEI Yuan-song (3814)
Spatial Distribution and Risk Assessment of Insecticides in Surface Soil from a Rapidly Urbanizing Region	WEI Yan-li, BAO Lian-jun, WU Cheng-zhou, <i>et al.</i> (3821)
Field Measurement of Soil Mercury Emission in a Masson Pine Forest in Tieshanping, Chongqing in Southwestern China	DU Bao-yu, WANG Qiong, LUO Yao, <i>et al.</i> (3830)
Chlorine Speciation and Concentration in Cultivated Soil in the Northeastern China Studied by X-Ray Absorption Near Edge Structure	LI Jing, LANG Chun-yan, MA Ling-ling, <i>et al.</i> (3836)
Soil Organic Carbon Storage Changes with Land Reclamation Under Vegetation Reconstruction on Opencast Coal Mine Dump	LI Jun-chao, DANG Ting-hui, GUO Sheng-li, <i>et al.</i> (3842)
Effect of Sulfur on the Species of Fe and As Under Redox Condition in Paddy Soil	TANG Bing-pei, YANG Shi-jie, WANG Dai-zhang, <i>et al.</i> (3851)
Response of Ectomycorrhizal Fungi to Aluminum Stress and Low Potassium Soil	ZHANG Wei, HUANG Jian-guo, YUAN Ling, <i>et al.</i> (3862)
Long-Term Manure Application Induced Shift of Diversity and Abundance of Antibiotic Resistance Genes in Paddy Soil	HUANG Fu-yi, LI Hu, WEI Bei, <i>et al.</i> (3869)
Effect of Phosphate and Organic Acid Addition on Passivation of Simulated Pb Contaminated Soil and the Stability of the Product	ZUO Ji-chao, GAO Ting-ting, SU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3874)
Bioremediation of Chromium(VI) Contaminated Site by Reduction and Microbial Stabilization of Chromium	ZHENG Jia-chuan, ZHANG Jian-rong, LIU Xi-wen, <i>et al.</i> (3882)
Effect of Thermal Enhanced Soil Vapor Extraction on Benzene Removal in Different Soil Textures	LI Peng, LIAO Xiao-yong, YAN Xiu-lan, <i>et al.</i> (3888)
Effects of Elevated O ₃ Concentration on Nitrogen in Greening Tree Species in Southern China	YANG Tian-tian, ZHANG Wei-wei, HU En-zhu, <i>et al.</i> (3896)
Effects of Nitrogen Application on Soil Greenhouse Gas Fluxes in <i>Eucalyptus</i> Plantations with Different Soil Organic Carbon Content	LI Rui-da, ZHANG Kai, SU Dan, <i>et al.</i> (3903)
Ozone Effects on Soil Microbial Community of Rice Investigated by ¹³ C Isotope Labeling	CHEN Zhan, WANG Xiao-ke, SHANG He (3911)
Enhanced Aerobic Degradation of Low Chlorinated Biphenyls by Constructing Surfactants <i>Burkholderia xenovorans</i> LB400 Based System	CHEN Shao-yi, ZHANG Jing, WANG Han, <i>et al.</i> (3918)
Identification of a High Ammonia Nitrogen Tolerant and Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Bacterial Strain TN-14 and Its Nitrogen Removal Capabilities	XIN Xin, YAO Li, LU Lei, <i>et al.</i> (3926)
Isolation and Identification of Electrochemically Active Microorganism from Micro-Aerobic Environment	WU Song, XIAO Yong, ZHENG Zhi-yong, <i>et al.</i> (3933)
Characteristics of Microbial Community Structure During Isolation of Electrical Active Bacteria	WANG Min, ZHAO Yang-guo, LU Shan-shan (3940)
Predicting Copper Toxicity to <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> and <i>Ctenopharyngodon idellus</i> Based on Biotic Ligand Model	WANG Wan-bin, CHEN Sha, WU Min, <i>et al.</i> (3947)
Macrozoobenthos Community Structure and Water Quality Evaluation of Tian'e Zhou Oxbows	MA Xiu-juan, SHEN Jian-zhong, WANG Teng, <i>et al.</i> (3952)
Species Selection Methods in Deriving Water Quality Criteria for Aquatic Life	ZHANG Ling-song, WANG Ye-yao, MENG Fan-sheng, <i>et al.</i> (3959)
Correlations Between HBCD and Thyroid Hormone Concentrations in Human Serum from Production Source Area	LI Peng, YANG Cong-qiao, JIN Jun, <i>et al.</i> (3970)
Preparation of Cobalt Oxide Mesoporous Metallic Oxide-Clay Composites and Their Catalytic Performance in the Oxidation of Benzene	MU Zhen, MA Chun-yan, CHENG Jie, <i>et al.</i> (3977)
Catalytic Degradation of Naphthalene by CuO(-CeO ₂)/Al ₂ O ₃	ZHA Jian, ZHOU Hong-cang, HE Du-liang, <i>et al.</i> (3984)
Toxicity Tests and Their Application in Safety Assessment of Water Quality	XU Jian-ying, ZHAO Chun-tao, WEI Dong-bin (3991)
Assessment on the COD Discharge Status of Municipal Wastewater Treatment Plant in a City of China	ZHOU Yu-hua, LU Yan-na, ZHANG Yu, <i>et al.</i> (3998)
Assessment of Ecological Environment Benefits of Reclaimed Water Reuse in Beijing	FAN Yu-peng, CHEN Wei-ping (4003)
Construction of Index System for Early Warning of Persistent Organic Pollutants (POPs) Pollution Incidents in China	WANG Lin, LU Yong-long, HE Gui-zhen, <i>et al.</i> (4009)
Environmental Damages Assessment: Establishment of System Framework in China	ZHANG Hong-zhen, WANG Jin-nan, NIU Kun-yu, <i>et al.</i> (4015)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2014年10月15日 第35卷 第10期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 35 No. 10 Oct. 15, 2014

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行