

北京市医疗系统污染源对市政污水中汞的贡献研究 *

兰 儒¹ 林 海^{1**} 柯真山² 菅小东³ 李建波²

(1. 北京科技大学环境工程系 北京 100083; 2. 北京城市排水集团水质检测中心 北京 100022;
3. 国家环境保护总局化学品登记中心 北京 100012)

摘 要 根据抽样定律确定高碑店污水处理厂流域 113 家医疗机构中的北京医院等 28 家医院作为采样点,测定采样点排水中 Hg 浓度,计算 Hg 的总排放量,并分析了 Hg 排放量与医院床位数和门诊量的关系。结果表明,高碑店流域医疗机构 Hg 排放浓度较高,医院排水中 Hg 浓度(Y)与医院床位数(X_1)和门诊量(X_2)的关系式为: $Y = 3.11 X_1 + 0.098 X_2 + 166.94$ 。流域内 Hg 排放总量为 99.6g/d,根据高碑店污水处理厂的进水 Hg 浓度及日进水量计算出进水的总 Hg 量为 828.0g/d,故高碑店流域内医疗系统对于高碑店污水处理厂进水 Hg 的贡献率为 12.02%,说明流域内医疗系统对于高碑店污水处理厂进水 Hg 的贡献并不占主要地位。

关键词 北京市 市政污水 汞排放 医疗系统

Contribution of effluent from medical institutions to municipal waste water mercury. LAN Ru¹, LIN Hai¹, KE Zhen-Shan², JIAN Xiao-Dong³, LI Jian-Bo² (1. Department of Environmental Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China; 2. Water Quality Analysis Center, Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100022, China; 3. SEPA Chemical Registration Center, Beijing 100012, China), *CJEA*, 2007, 15(6): 120 ~ 122

Abstract Twenty-eight hospitals were selected from a total of 113(using standard sampling procedures) that contribute effluent to Gaobeidian sewage treatment plant in Beijing. The density and total amount of mercury(Hg) in the drainage systems of sampled hospitals were analyzed for Hg sources flowing into the Gaobeidian sewage treatment plant. Meanwhile released Hg amount by hospital, bed number and clinic number was analyzed and correlated. The results show high Hg densities in drainage systems from sampled hospitals. An empirical relationship exists between released Hg amount(Y) from hospital, bed number(X_1), and clinic number(X_2): $Y = 3.11 X_1 + 0.098 X_2 + 166.94$. Total Hg amount released from the hospitals into the Gaobeidian sewage treatment plant area is 99.6g/d, and total Hg amount that enters into the Gaobeidian sewage treatment plant is 828.0g/d. Thus the addition percentage of Hg entering into the sewage treatment plant from hospitals is 12.02%, meaning that the hospitals are not major Hg source of the plant.

Key words Beijing, Municipal waste water, Released mercury, Hospital

(Received Sept. 11, 2006; revised Nov. 24, 2006)

Hg 能通过植物食物链或植物-动物链进入人体,且在一定浓度下使作物减产甚至死亡^[1]。Hg 污染对农业生态环境将可能造成严重破坏。目前北京市高碑店污水处理厂处理后的部分中水用于农业灌溉,部分回流污泥用于堆肥。因此,了解高碑店污水处理厂中水 Hg 污染来源,对采取相关措施控制 Hg 污染非常重要。

1996 年美国密歇根市环境保护部门在 400 家医院尤其是牙科诊所收集到 635.04kg Hg^[2]。英国药物安全机构调查发现,中国传统中药“复方芦荟胶囊”中的 Hg 含量超过英国标准 11.7 万倍。2001 年我国医药行业废水中 Hg 污染物的排放量达 1.085t。我国最近颁布的《地表水和污水监测技术规范(HJ/T 91—2002)》在“工业废水监测项目”中将医院中的 Hg 作为必测项目之一^[3]。北京市内各类医疗机构分布密集,为了解其对北京市政污水中 Hg 的贡献率,本研究对北京市高碑店污水处理厂流域内的医疗机构 Hg 排放状况进行了研究。

1 研究区域概况和研究方法

研究区域概况。北京城市排水集团高碑店污水处理厂是北京市拟建的 15 座城市污水处理厂中规模最大的,也是目前全国规模最大的市政污水处理厂之一,承担着北京市中心区及东部工业区总计 9661hm² 流

* 北京市排水集团项目资助

**通讯作者

收稿日期:2006-09-11 改回日期:2006-11-24

域范围内的污水收集与治理任务,服务人口 240 万,总处理规模为 100 万 m³/d,约占北京市目前污水总量的 40%。本研究调查区域高碑店流域涵盖北京市东城区、崇文区、朝阳区全部和西城区及宣武区的大部分,从西直门往南到天坛,以南护城河为界,北至二环边界的北护城河,东至酒仙桥以南,京津塘高速公路以北。流域内包含各类医疗机构近 120 家,涉及从一级到三级、从大型综合医院到小型门诊等各种类型。

研究方法。为了解监测项目是否存在日或周的周期性变异,首先进行了试验性调查^[4]。从某医院 2004 年缴纳的水费数额上推断医院月用水量基本稳定,基本不存在月的周期性变异。在误差允许范围内,假定其 Hg 的总量也基本不存在月的周期性变异。然后根据电子地图确定调查区域内医疗机构共 113 家(其中三级医院 22 家、二级医院 30 家、一级医院 61 家),并根据抽样定律^[5]确定采样点的数量和位置。由于区域内三级医院的规模都比较大,排水量也较大,一般在 1000t/d 左右;而小型医院的数量虽占优势,但是用水量很小,一般每天只有几十吨,因此综合考虑各种因素,对区域内医院在高碑店污水处理厂进水中 Hg 的贡献程度做了简单推算,以确定采样点的数量和比例。确定以三级和二级医院为主要调查对象,一级医院采集数量不少于 3 家,作为模型建立的依据。其次,通过实地调查,在考虑采样点布局空间变异的基础上,采用 ARCEGIS 空间定位,最后选取北京医院等 28 家医院作为采样点,分别为宣武中医医院、协和医院东区、同仁医院西区、同仁医院东区、北京中医医院、口腔医院、天坛医院、北京口腔医院正畸中心、普仁医院、南磨房医院、前门医院、北工大医院、垂杨柳医院、广安门医院、高碑店医院、北京医院、东直门医院、军区总医院、北大医院、305 医院、人民医院、友谊医院东口、公安医院、北京隆福医院、朝阳医院、宣武医院、积水潭医院、中国医学科学院肿瘤医院。

水样的采集地点设在医院污水站或医院附近的下水井,采用吊瓶方法采集水样。为减少因污水中 Hg 局部浓度高造成的取样误差,每次取样重复 3 次,取平均值。每个重复样点采水样量为 250mL。水样采集后立即测定水样 pH,并采用文献[6]的方法进行固定,以减少 Hg 的挥发。由于加入固定剂而对 Hg 浓度产生的影响通过数据处理纠正。水样中 Hg 含量测定采用原子荧光法(AFS-3100 原子荧光光度计,北京海光仪器公司生产)。测定的数据采用 Microsoft Excel 进行统计分析。

2 结果与分析

表 1 各采样点水样中的 Hg 浓度

Tab. 1 Mercury density of water samples in different sampling sites

2.1 各取样点水样中的 Hg 含量

从表 1 可以看出,高碑店流域内医疗系统污水中的 Hg 排放浓度较高,均在 0.5μg/L 以上。另外,中医医院的 Hg 排放浓度较大,这主要是由中药中重金属含量较高造成的。北京积水潭医院是一所以创伤骨科和烧伤科为重点的综合性三级甲等医院,其污水中 Hg 浓度也较大,这可能与其特殊的治疗手段以及使用含 Hg 仪器有关;口腔医院的 Hg 主要来源于牙齿填料。水样 pH 值测定结果显示,只有北大第一医院水样的 pH 值在 3 以下,其他都为中性。由于酸性环境下 Hg 等重金属易固定在水中,损失小,所以北大第一医院污水中的 Hg 含量较高。

2.2 不同医疗机构特征对污水中 Hg 含量的影响

对医疗机构床位数、门诊量、医院等级、特色专科和医疗设备等因素对污水 Hg 含量的影响进行了分析,由于各医院医疗设备无明显区别,且特色专科的具体门诊量数据无法获得,因此确定根据医院的床位数、门诊量、医院等级进行多元线性关系分析^[7],结果如图 1 所示。从图 1 可以看出,医院 Hg 排放量与床位数和门诊量呈现一定的线性关系,但与医院级别无关,因此排除医院级别因素。由于积水潭医院总 Hg 量不在趋势线的范围内,所以计算中舍去该值。最终得出线性回归方程:

$$Y = 3.11 X_1 + 0.098 X_2 + 166.94$$

(1)

序号 No.	采样点 Sampling site	Hg 浓度/μg L ⁻¹ Hg density	序号 No.	采样点 Sampling site	Hg 浓度/μg L ⁻¹ Hg density
1	宣武中医医院	7.27	15	高碑店医院	0.53
2	协和医院东区	2.81	16	北京医院	2.31
3	同仁医院西区	2.06	17	东直门医院	4.40
4	同仁医院东区	0.95	18	军区总医院	3.74
5	北京中医医院	3.93	19	北大医院	3.14
6	口腔医院	3.16	20	305 医院	0.56
7	天坛医院	5.03	21	人民医院	1.63
8	北京口腔医院正畸中心	1.65	22	友谊医院东口	5.48
9	普仁医院	6.32	23	公安医院	5.98
10	南磨房医院	0.93	24	北京隆福医院	7.27
11	前门医院	0.84	25	朝阳医院	2.74
12	北工大医院	0.35	26	宣武医院	3.64
13	垂杨柳医院	1.89	27	积水潭医院	7.50
14	广安门医院	2.53	28	中国医学科学院肿瘤医院	2.56

式中, Y 为排水中 Hg 浓度 ($\mu g/L$), X_1 为床位数 (张), X_2 为门诊量 (人/d)。此方程 $R = 0.80$, 置信度为 95 %。因此, 该研究所选取样点具有较好的代表性。综合各医疗机构的床位数、门诊量等数据, 估算高碑店流域内医疗系统总的 Hg 排放量为 $99.6 g/d$ 。

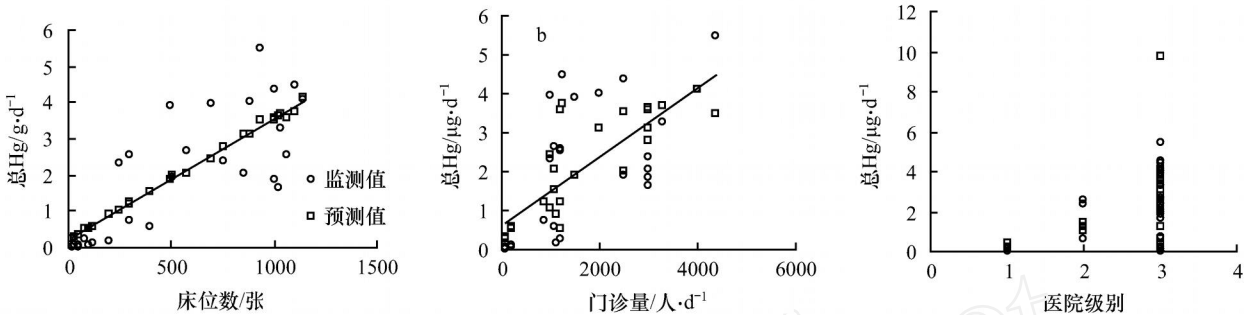


图 1 医院床位数(a)、门诊量(b)和医院级别(c)与排水 Hg 浓度的关系

Fig. 1 Correlations of Hg density of hospital waste water to bed number(a), clinic number(b), and grade(c) of hospitals

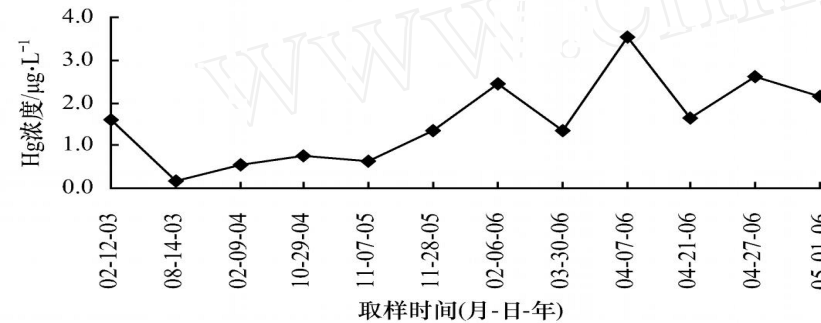


图 2 高碑店污水处理厂进水 Hg 浓度变化

Fig. 2 Mercury density of waste water flowing into Gaobeidian Sewage Treatment Plant

2.3 高碑店污水处理厂进水中的 Hg 浓度

2005 年开始的现场监测及 2004 年和 2003 年高碑店污水处理厂的监测数据(图 2)显示,高碑店污水处理厂进水 Hg 浓度的有效数据均在 $0.1 \sim 4.0 \mu g/L$ (剔除异常值), 2006 年的监测值普遍略高且基本稳定,表明 2006 年高碑店流域 Hg 排放量较以前稍有增加,并趋于稳定。统计分析表明,高碑店污水处理厂进水的平均 Hg 浓度为 $1.38 \mu g/L$, 其日平均进水量为 60 万 t/d 。因此,日进水总 Hg 量为 $828 g/d$ 。经污水处理厂处理后,这些 Hg 大部分进入回流污泥中,造成污泥中 Hg 含量超标。

3 结论与讨论

综上所述,高碑店流域内医疗系统对于高碑店进水 Hg 的贡献率为:医疗系统的 Hg 日总排放量/高碑店污水处理厂进水中日 Hg 总量 $\times 100 \% = 12.02 \%$ 。因此,医疗系统是高碑店流域 Hg 排放量的主要来源的论断是不确切的。通过与其他行业个别单位的总 Hg 排放量对比发现,虽然医疗系统污水的 Hg 浓度较大,但是毕竟水量很小,与大的企业单位相比(如化工厂和热电厂排 Hg 浓度与医疗机构相当,但日排水量近十倍于医疗机构),医疗系统总 Hg 排放量还是较小的。要进一步了解高碑店污水处理厂的 Hg 来源问题,应采取“由点定面,抓大头”的方法进行调查研究。高碑店污水处理厂服务区域面积很广,企事业单位数量多,逐个排查的工作量过于庞大,可考虑利用某些监测点的数据确定重点区域,再对重点区域内的重点单位进行重点调查。

目前医院水处理普遍采用的方法是加氯或其他含氯化合物,对 Hg 等重金属的去除作用很小。有些医院污水经处理后,变为酸性环境, Hg 的损失少,大部分保留在污水中流入市政管网。为减少医疗系统的 Hg 排放,并有效治理其 Hg 污染,建议采取以下措施:一是进行医疗系统 Hg 排放的调研和排放量估算,确定最终进入环境中的 Hg 数量;二是强制淘汰落后工艺和产品,并推广和应用替代工艺和产品;另外还需制订法律法规并提高人们的环保意识。

参 考 文 献

1 袁 兰,钟崇林. 甲基汞在土-水-气体体系中迁移及转化规律的研究. 农业环境保护, 1996, 15(2): 58 ~ 61
2 高玉堂. 环境监测常用统计方法. 北京:原子能出版社, 1980. 184
3 胡健颖,孙山泽. 抽样调查的理论、方法和应用. 北京:北京大学出版社, 2000. 15
4 张燕萍,颜崇淮,沈晓明. 环境中汞污染源、人体暴露途径及其监测方法. 广东微量元素科学, 2004, 11(6): 11 ~ 15
5 魏复盛. 水和废水监测分析方法. 北京:中国环境科学出版社, 2002. 54
6 Joy K. T. Mercury reduction efforts in Michigan. Fuel Processing Technology, 2000, 65 66: 69 ~ 77