

# 1999-2015 年北京市丰台区自备井水硝酸盐污染地区分布特征

敬燕燕, 徐赐贤, 谢俊卿, 韩凤超, 张芳, 信振江

北京市丰台区疾病预防控制中心, 北京 100071

**摘要:** **目的** 分析北京市丰台区农村饮用自备井水中硝酸盐浓度水平及其分布特征, 为农村改水及健康风险管理提供数据支撑。 **方法** 利用 1999-2015 年北京市丰台区各乡镇自备井水硝酸盐监测资料, 分析自备井水硝酸盐浓度在各地区间分布特征。 **结果** 1999-2015 年丰台区农村自备井硝酸盐合格率为 44.06% (267/606), 其中花乡合格率最低 (14.84%), 长辛店镇合格率最高 (100.00%)。河东地区自备井水硝酸盐浓度 (29.85 mg/L) 高于河西地区 (2.38 mg/L), 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ); 各乡镇间自备井水硝酸盐浓度差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ), 从高到低浓度排序为花乡 (34.50 mg/L) > 卢沟桥乡 (26.70 mg/L) > 南苑乡 (25.00 mg/L) > 王佐镇 (2.89 mg/L) > 长辛店镇 (1.82 mg/L)。1999-2015 年各年份中自备井水硝酸盐浓度在各乡镇间差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。 **结论** 1999-2015 年丰台区自备井水硝酸盐污染河东地区高于河西地区, 并且 17 年来各乡镇间均存在显著性差异。为保障居民饮水健康, 建议政府重点加强河东地区自备井水硝酸盐污染治理, 可按照花乡、卢沟桥乡、南苑乡的顺序逐步推进。

**基金项目:** 北京市丰台区卫生计生系统科研项目 (2015-88)

**作者简介:** 敬燕燕 (1980-), 女, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 环境流行病学。

**通信作者:** 信振江, E-mail: xzjsnow@163.com。

疾病预防控制中心工作人员的大量时间和精力, 造成这种现象的主要原因可能与目前全国均使用国家推荐的统一预警阈值有关。上海市松江区已率先开展了预警系统“流行标准”选择和预警阈值优选研究<sup>[9-11]</sup>, 通过研究发现对于不同的传染病类型, 各备选“流行标准”所推荐的预警阈值不尽相同, 但有规律可循。同时发现合适的预警阈值需要每年进行及时调整, 要根据传染病的特点来选择预警阈值, 权衡灵敏度和特异度, 只有同时保证预警系统的高灵敏度和高特异度, 才能真正发挥该系统的预警效果, 而不是目前全国各省市均采用统一设置的预警阈值, 北京市怀柔区也开展了传染病预警阈值优选研究<sup>[12]</sup>。建议各地下一步可考虑针对不同病种采用不同的预警最优阈值, 减少假阳性信号产生, 避免人力资源浪费。

预警系统已在疾控机构应用近 10 年, 系统的预警方法不断进行优化, 基层工作人员对预警系统的熟悉程度和可接受性不断增加, 上海市预警系统的响应率和响应及时率逐步提高, 但是仍存在响应不及时的情况, 应进一步加强培训, 提高操作人员的重视程度, 避免因疏忽或繁忙造成的处理不及时。

当前, 预警系统已成为各级疾控机构, 尤其是基层疾病预防控制中心分析利用传染病报告数据、早期探测传染病暴发的辅助手段之一, 特别是单病例预警为重点关注少见病种提供了提醒报告功能, 减少基层工

作人员工作量, 提高工作效率。在以后的工作中, 要进一步开展预警方法和预警阈值研究, 同时系统能开放相应的功能, 以便预警系统用户可根据实际工作需要, 灵活选定适宜的预警方法和阈值等参数, 从而更及时、准确分析数据异常变化, 实现传染病的早期预警。

## 参考文献

- [1] Loonsk JW. BioSense—a national initiative for early detection and quantification of public health emergencies [J]. MMWR Suppl, 2004, 53: 53-55.
- [2] Wagner MM, Espino J, Tsui FC, et al. Syndrome and outbreak detection using chief-complaint data—experience of the Real-Time Outbreak and Disease Surveillance project s [J]. MMWR Suppl, 2004, 53: 28-31.
- [3] Faensen D, Claus H, Benzler J, et al. SurvNet@RKI—a multistate electronic reporting system for communicable diseases s [J]. Euro Surveill, 2006, 11(4): 100-103.
- [4] Wang L, Wang Y, Jin S, et al. Emergence and control of infectious diseases in China [J]. Lancet, 2008, 372(9649): 1598-1605.
- [5] 杨维中, 兰亚佳, 李中杰, 等. 国家传染病自动预警系统的设计与应用 [J]. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1240-1244.
- [6] 鲁琴宝, 徐旭卿, 林君芬, 等. 2013 年浙江省传染病自动预警系统预警信号响应情况分析 [J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(4): 328-329.
- [7] 李中杰, 马家奇, 赖圣杰, 等. 2011-2013 年国家传染病自动预警系统运行结果分析 [J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(4): 252-258.
- [8] 陈碧云, 高立冬, 陈长, 等. 我国传染病预警研究及工作现状 [J]. 实用预防医学, 2014, 21(12): 1537-1539.
- [9] 王瑞平, 春雅丽, 毕安华, 等. 上海市松江区流行性感胃控制图法预警阈值优选研究 [J]. 中国初级卫生保健, 2010, 24(7): 77-78.
- [10] 王瑞平, 春雅丽, 郭晓芹, 等. 上海市松江区手足口病控制图法预警阈值优选研究 [J]. 中国卫生统计, 2011, 28(3): 264-265.
- [11] 王瑞平, 姜永根, 郭晓芹, 等. 基于传染病自动预警信息系统的“流行标准”最优化选择分析 [J]. 中国卫生统计, 2017, 34(2): 214-217, 221.
- [12] 朱婷婷, 孙利文, 常珊珊, 等. 比数图法在北京市怀柔区重点传染病预警中的方法探讨 [J]. 实用预防医学, 2017, 24(10): 1270-1273.

收稿日期: 2018-11-30

关键词: 农村; 自备井水; 硝酸盐浓度

中图分类号: R123 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2019)10-1190-04 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2019.10.010

## Regional distribution characteristics of nitrate pollution of self-sufficient-well water in Fengtai district of Beijing, 1999-2015

JING Yan-yan, XU Ci-xian, XIE Jun-qing, HAN Feng-chao, ZHANG Fang, XIN Zhen-jiang

Fengtai District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100071, China

Corresponding author: XIN Zhen-jiang, E-mail: xzjsnow@163.com

**Abstract: Objective** To analyze the level of nitrate in drinking water of rural self-sufficient-wells and its distribution characteristics in Fengtai district of Beijing, and to provide data support for rural water safety improvement and health risk management.

**Methods** The monitoring data of nitrate in water of self-sufficient-wells in each township in Fengtai district during 1999-2015 were used for analyzing the distribution characteristics of nitrate level in water of self-sufficient-wells in different rural areas.

**Results** The qualified rate of nitrate in water of rural self-sufficient-wells in Fengtai district during 1999-2015 was 44.06% (267/606). The lowest qualified rate was found in Huaxiang (14.84%), while the highest qualified rate in Changxindian (100.00%). The level of nitrate in water of rural self-sufficient-wells was higher in the Hedong area than in the Hexi area (29.85 mg/L vs. 2.38 mg/L), with a statistically significant difference ( $P < 0.001$ ). The level of nitrate in water of rural self-sufficient-wells in different townships showed statistically significant differences ( $P < 0.001$ ), and it was found to be the highest in Huaxiang (34.50 mg/L), followed by Lugouqiao (26.70 mg/L), Nanyuan (25.00 mg/L), Wangzuo (2.89 mg/L) and Changxindian (1.82 mg/L). There were statistically significant differences in the level of nitrate in water of self-sufficient-wells among the five townships in each year during 1999-2015.

**Conclusions** The level of nitrate in water of self-sufficient-wells in the Hedong area of Fengtai district in 1999-2015 was higher than that in the Hexi area, and there were statistically significant differences among the five townships within the seventeen years. To ensure the residents' health related to drinking water, it is suggested that the government should strengthen the treatment of nitrate pollution in water of self-sufficient-wells in Hedong area, which can be gradually promoted in accordance with the order of Huaxiang, Lugouqiao and Nanyuan.

**Key words:** rural area; water of self-sufficient-well; nitrate level

农村饮用水安全与卫生条件是评价农村地区经济发展和居民生存、生活质量的重要指标,也是影响农村地区居民健康水平的重要因素之一。自备井水是北京市西南部地区当地居民的生活饮用水主要来源,伴随六十年代后期工业污水及废水的排放量增加,农业生产污水灌溉,以浅层地下水为水源的自备井水中的污染随之上升。九十年代,随着北京西南地区城市化进程的推进与发展,自备井水污染表现出硝酸盐等指标污染严重,浓度大于 20 mg/L 的范围占总面积的 30% 以上,总体污染浓度呈上升趋势<sup>[1]</sup>。北京市地下水硝酸盐污染一直是饮用水卫生研究的热点问题<sup>[2-5]</sup>。丰台区位于北京市西南方向,属于城乡接合部地区,以永定河为界可划分为两部分,其中永定河以东为河东地区,包括南苑乡、卢沟桥乡和花乡,地区产业从农业、工业、现代服务业逐渐转型,与北京西南部地区整体发展较一致,河东地区均为小型集中式供水,水源井为  $\leq 100$  m 的浅水井,取水层为第四系浅层地下水,浅层水易受污染;永定河以西为河西地区,包括王佐镇和长辛店镇,农、工、商及旅游产业均有发展,河西地区为万人以上集中供水,水源井均为  $\geq 800$  m 的深层地下水井,八宝山断裂带位于境内,地表污染可由裂隙进入地下

水层。自备井供水是丰台区农村地区居民饮用水的主要来源,硝酸盐污染是水质的突出问题,也是群众水质投诉和政府实施饮水安全工程改水的重点内容<sup>[2]</sup>。

### 1 对象与方法

**1.1 监测对象** 按照《北京市生活饮用水水质卫生监测工作方案》的要求,在丰台区辖区设置有代表性的饮用自备井水水质卫生监测点,覆盖农村所有 5 个乡镇,包括花乡、卢沟桥乡、南苑乡、王佐镇和长辛店镇。所有监测点于 1999-2015 年枯水期(3-5 月)和丰水期(6-8 月),各采集水样一次,共监测水样 606 件。

**1.2 检测方法**及结果表述 2007 年 10 月 1 日以前,按照《生活饮用水卫生标准检验方法》(GB/T 5750-1985)<sup>[6]</sup>进行实验室检测。2007 年 10 月 1 日及以后水质检测均按照《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750-2006)<sup>[7]</sup>进行。按照中国疾病预防控制中心信息系统数据上报要求,当检测结果低于检出限时,检测结果记录为检出限值的一半。水质检测结果选择按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)<sup>[8]</sup>进行评价,河西地区为农村大型集中供水厂,硝酸盐浓度限值设为

≤10 mg/L, 河东地区为小型集中供水, 硝酸盐浓度限值设为 ≤20 mg/L。

1.3 质量控制 2007 年 9 月 30 日之前按照《生活饮用水卫生标准检验方法》(GB/T 5750-1985)<sup>[6]</sup> 开展采样, 2007 年 10 月 1 日以后按《生活饮用水标准检验方法水样的采集和保存》(GB/T 5750.2-2006)<sup>[9]</sup> 中规定方法进行采集和保存。样品按照实验室质量控制要求流转以保证不污染、不混淆。实验室检测按照《生活饮用水卫生标准检验方法》(GB/T 5750-1985)<sup>[6]</sup> 及《生活饮用水卫生标准检验方法》(GB/T 5750-2006)<sup>[7]</sup> 完成。对筛选出的数据库抽样进行一致性核查, 用核查结果对相关数据进行校正, 确定最终数据库。

1.4 统计学分析 自备井水监测数据经过 Excel 2010 进行汇总整理, 数据使用 SPSS 17.0 软件进行分析。正态性检验显示检测数据不服从正态分布, 以中位数、四分位间距表示。组间比较应用 Kruskal-Wallis 秩和检验(多组数据)或 Mann-Whitney *U* 检验(两组数据)。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 总体情况 1999-2015 年共监测水样 606 件, 合格 267 件, 总体合格率 44.06%, 各乡镇合格率差别很大, 合格率最低的为花乡(14.84%), 合格率最高的为长辛店镇(100.00%), 花乡、卢沟桥乡和南苑乡合格率均低于 40.00%, 见表 1。

2.2 河东与河西地区的自备井水硝酸盐分布 1999-

2015 年丰台区河东地区(南苑乡、花乡和卢沟桥乡)自备井浅井水硝酸盐浓度( $P_{50} = 29.85$  mg/L) 高于河西地区(长辛店镇与王佐镇)自备井深井水( $P_{50} = 2.38$  mg/L) 水平, 经 Mann-Whitney *U* 检验, 差异有统计学意义( $Z = 56.500, P < 0.001$ ), 见表 2。

表 1 1999-2015 年丰台区农村饮用自备井监测水样分布

乡镇	件数 (件)	构成比 (%)	硝酸盐合格数 (件)	硝酸盐合格率 (%)
花乡	155	25.58	23	14.84
卢沟桥乡	168	27.72	53	26.77
南苑乡	141	23.27	53	37.59
王佐镇	73	12.05	69	94.52
长辛店镇	69	11.39	69	100.00
合计	606	100.00	267	44.06

表 2 1999-2015 年丰台区农村分区自备井水硝酸盐污染对比

地区	水样数 (件)	$P_{25}$ (mg/L)	$P_{50}$ (mg/L)	$P_{75}$ (mg/L)	Z 值	P 值
河东	464	18.47	29.85	39.40	56.500	<0.001
河西	142	1.24	2.38	3.19		
合计	606	5.30	23.34	36.80		

2.3 各乡镇自备井水硝酸盐分布 各乡镇自备井水硝酸盐污染浓度从高到低浓度排序为花乡(34.50 mg/L) > 卢沟桥乡(26.70 mg/L) > 南苑乡(25.00 mg/L) > 王佐镇(2.89 mg/L) > 长辛店镇(1.82 mg/L), 其中花乡、卢沟桥乡、南苑乡自备井水硝酸盐浓度分别是国家标准限值的 1.73 倍、1.34 倍和 1.25 倍。经 Kruskal-Wallis 检验, 1999-2015 年各年份中自备井水硝酸盐浓度在各乡镇之间差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表 3。

表 3 丰台区各乡镇 1999-2015 年自备井水硝酸盐浓度比较

年份	花乡			卢沟桥乡			南苑乡			王佐镇			长辛店镇			H 值	P 值
	$P_{25}$ (mg/L)	$P_{50}$ (mg/L)	$P_{75}$ (mg/L)														
1999	13.70	32.35	51.00	10.47	12.75	14.15	2.90	13.10	36.00	6.15	9.03	11.90	1.05	1.35	1.88	12.864	0.012
2000	23.70	33.60	43.50	8.47	12.05	17.78	6.74	17.00	37.85	2.96	3.49	4.02	0.77	1.13	1.30	12.819	0.012
2001	22.10	31.50	36.80	2.41	6.18	12.73	10.80	25.00	34.00	0.71	2.14	3.88	0.42	0.87	1.67	24.580	0.001
2002	24.20	31.60	39.00	4.47	9.10	14.21	3.90	9.65	31.08	3.17	4.17	9.45	0.40	0.77	1.87	11.685	0.020
2003	7.09	18.95	30.80	14.40	14.40	14.40	22.13	29.45	36.35	0.40	1.30	2.47	0.40	0.61	4.03	13.044	0.011
2004	29.70	35.40	40.80	12.74	27.45	39.05	11.40	14.40	41.35	2.23	2.58	6.08	0.67	1.51	2.42	13.324	0.010
2005	25.85	32.00	39.43	3.36	7.24	23.76	8.38	12.88	16.10	2.63	3.20	6.15	0.50	2.74	4.97	12.289	0.015
2006	20.12	26.73	46.95	3.40	16.11	34.30	9.06	10.02	15.50	2.16	2.77	3.18	1.50	1.69	1.88	13.000	0.011
2007	26.80	35.10	39.20	21.29	22.25	23.12	7.28	12.07	16.92	1.36	2.49	2.87	2.13	2.98	3.83	15.902	0.003
2008	20.60	25.65	30.70	22.83	23.13	23.43	15.26	16.14	17.63	4.01	4.01	4.01	2.28	2.28	2.28	12.997	0.011
2009	21.40	28.90	36.33	22.20	22.91	23.54	13.78	25.21	38.50	2.20	2.77	3.38	1.00	1.54	2.08	12.158	0.016
2010	32.43	35.50	40.93	31.10	31.90	32.70	17.03	19.33	21.05	2.03	2.24	2.39	1.00	1.95	2.90	15.968	0.003
2011	15.75	23.40	29.35	15.10	21.55	28.00	11.39	23.10	33.75	1.00	1.00	3.25	1.00	2.81	4.61	12.847	0.012
2012	17.00	29.70	33.60	19.43	26.70	36.20	20.43	25.65	39.20	2.31	2.98	4.00	2.35	2.42	2.61	35.573	0.001
2013	31.58	35.60	44.05	31.63	34.75	38.33	25.95	27.80	46.80	4.36	4.61	5.21	1.00	1.00	2.67	16.549	0.002

续表 3

年份	花乡			卢沟桥乡			南苑乡			王佐镇			长辛店镇			H 值	P 值
	P <sub>25</sub> (mg/L)	P <sub>50</sub> (mg/L)	P <sub>75</sub> (mg/L)	P <sub>25</sub> (mg/L)	P <sub>50</sub> (mg/L)	P <sub>75</sub> (mg/L)	P <sub>25</sub> (mg/L)	P <sub>50</sub> (mg/L)	P <sub>75</sub> (mg/L)	P <sub>25</sub> (mg/L)	P <sub>50</sub> (mg/L)	P <sub>75</sub> (mg/L)	P <sub>25</sub> (mg/L)	P <sub>50</sub> (mg/L)	P <sub>75</sub> (mg/L)		
2014	30.08	38.05	46.63	28.85	34.80	41.65	28.05	40.35	56.78	2.83	3.53	4.63	1.00	2.34	3.50	43.034	0.001
2015	29.03	38.85	45.48	12.78	25.40	42.35	37.15	55.85	67.23	2.74	2.86	12.35	1.26	2.21	2.33	53.344	0.001
合计	27.02	34.50	42.20	14.73	26.70	37.30	15.46	25.00	39.10	2.35	2.89	4.12	1.00	1.82	2.38	323.761	<0.001

### 3 讨论

自备井尤其是浅层自备井供水存在水质差、不易治理且卫生管理薄弱等诸多问题<sup>[10-11]</sup>。硝酸盐是反应水体污染的重要指标,污染除来自地层外,也可以来源于生活污水污染、工业废水污染、污水回灌以及农田施肥后的径流和渗透<sup>[12-13]</sup>,常规的水处理工艺不能有效去除饮用水中硝酸盐<sup>[14]</sup>,世界卫生组织(WHO)指出摄入含硝酸盐(以氮计)超过 11.3~22.6 mg/L 的水,可能会引起 1 岁以下婴儿高铁血红蛋白症。此外,发现硝酸盐可能在体内转化为有致癌性物质的亚硝酸<sup>[15]</sup>。

1999-2015 年丰台区农村地区自备井水中的硝酸盐污染长期存在<sup>[16-17]</sup>,同时丰台区硝酸盐浓度中位数为 23.34 mg/L,是国家标准限值<sup>[8]</sup>的 2.33 倍,与既往北京市涉农区县中丰台区自备井水硝酸盐浓度最高<sup>[18]</sup>结果一致,高于 WHO 提出的可能会引起 1 岁以下婴儿高铁血红蛋白症的饮水污染水平,可能会对该地区饮水人口带来健康影响。

在丰台区内,硝酸盐污染河东地区(29.85 mg/L)高于河西地区(2.38 mg/L),河东地区地处永定河以东的平原地区,多是沙质地层,饮用自备井均为 100 m 以下浅水井,容易受到地表和土层中污染物污染,且取水层为硝酸盐污染集中的第四系浅层地下水,可能是该地区自备井水硝酸盐超标的主要原因<sup>[17]</sup>。河西地区位于永定河以西,硝酸盐含量较低,可能是由于河西地区饮用自备井均为 800 m 以上的深井,不仅水层上方土层较厚,同时有岩石层隔断,包括有机污染物在内的各种污染物不易下渗污染水源,且随着土层的增厚,其在水循环的过程中土层过滤能力也较浅井强。丰台区农村饮用自备井水硝酸盐污染治理河东地区应优先于河西地区。

与周边地区比较,丰台区农村自备井水硝酸盐污染水平(23.34 mg/L、合格率 44.06%)高于周边的朝阳区(3.92 mg/L)、海淀区(合格率 97.04%)<sup>[19-20]</sup>。保护公众健康是政府的重要社会职责之一,躯体层面的健康是健康的最基本层次。朝阳、海淀、丰台区同为北京市城六区之一且均为城乡接合地区,饮用水卫生水平差异较大,政府应推进丰台区改水工程,提高丰台区农村居民

饮水健康水平,促进公民公平享有健康权。

《健康中国 2030 规划纲要》蓝图中明确指出“推进饮用水水源地达标建设,强化地下水管理和保护”,以保障人民群众饮用水安全和社会可持续发展。为改善丰台区农村地区居民饮水卫生水平,保障身体健康,建议政府应加强改水尤其是河东地区自备井水硝酸盐污染治理,可按照硝酸盐污染先重后轻的顺序,从河东地区的花乡、卢沟桥乡至南苑乡逐步推进。

#### 参考文献

- [1] 邹胜章,张金炳,李洁,等.北京西南城近郊浅层地下水盐污染特征及机理分析[J].水文地质工程地质,2002,29(1):5-9.
- [2] 常宪平,崔宝荣,李洁,等.丰台区农村自备井源水中污染物健康风险评估[J].预防医学情报杂志,2011,27(5):367-370.
- [3] 程东会.北京城近郊区地下水硝酸盐氮和总硬度水文地球化学过程及数值模拟[D].北京:中国地质大学,2007.
- [4] 肖智毅.海淀区地下水硝酸盐污染及其影响因素[J].环境与健康杂志,2003,20(3):158-160.
- [5] 王志民.北京平原区地下水硝酸盐氮污染成因和来源研究[D].北京:中国科学院研究生院,2006.
- [6] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB/T 5750-1985 生活饮用水卫生标准检验方法[S].北京:中国标准出版社,1985:8-9,20-24.
- [7] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB/T 5750-2006 生活饮用水标准检测方法[S].北京:中国标准出版社,2007:20-24.
- [8] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2007:3.
- [9] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB/T 5750.2-2006 生活饮用水标准检测方法水样的采集与保存[S].北京:中国标准出版社,2007:1-6.
- [10] 周忠静,戴曙杰.永嘉县 2011-2013 年农村生活饮用水水质监测结果分析[J].实用预防医学,2015,22(6):734-735.
- [11] 王雷,张美云,赵艳玲,等.北京市朝阳区农村自备井生活饮用水卫生学现状调查[J].职业与健康,2015,31(15):2096-2098.
- [12] 杨克敌,郑玉建,郭新彪,等.环境卫生学[M].第 8 版.北京:人民卫生出版社,2017:140-141.
- [13] 毕晶晶,彭昌盛,胥慧真.地下水硝酸盐污染与治理研究进展综述[J].地下水,2010,32(1):97-102.
- [14] 吕鸥,张海霞,郭春城,等.北京市某区 2014-2015 年生活饮用水应急监测结果分析[J].实用预防医学,2017,24(6):735-738.
- [15] 陈卫民,童海滨,秦明周,许靖华.NO<sub>2</sub>-诱发癌症的作用机制[J].卫生研究,2011,40(2):252-255.
- [16] 崔宝荣,邓惠玲,敬燕燕,等.农村生活饮用水源的水质调查分析[J].环境卫生学杂志,2012,2(6):280-284.
- [17] 敬燕燕,信振江,秦娟,等.南水北调前后北京市某区自备井水硝酸盐等卫生指标变化分析,现代生物医学进展,2017,17(30):5980-5983,5988.
- [18] 李文娟,赵同科,张成军,等.北京市集约化农区地下水硝酸盐含量变化分析[J].农业环境科学学报,2013,32(7):1445-1450.
- [19] 赵艳玲,张美云,郭春城,等.北京市某区自备井水质状况及空间特征分析[J].卫生研究,2015(3):479-481.
- [20] 陈海平,宫建,陈建峰,等.北京市海淀区农村自备井生活饮用水毒理学指标合格情况调查[J].中国公共卫生,2016,32(7):944-947.

收稿日期:2018-12-12