

五大连池天然露头泉氮磷污染特征研究

魏晓雪, 李月兴, 王菁华, 方振兴, 潘虹, 曾颖, 杨臣 (黑龙江省科学院火山与矿泉水研究所, 黑龙江五大连池 164155)

摘要 [目的]研究五大连池地区30个天然露头泉氮、磷污染特征,为五大连池天然矿泉水资源的可持续开发利用和保护提供理论依据。[方法]选择不同环境区域有代表性的30个天然露头泉,分别于枯水期、平水期、丰水期进行样品采集,测定样品中氮、磷等污染物的含量,分析五大连池天然露头泉氮、磷污染特征。[结果]五大连池地区30个天然露头泉总体受到严重的氮素污染,总氮和硝态氮是主要的氮素污染形式,总磷和氨氮含量较低。[结论]天然露头泉污染主要是由农业面源污染造成的。

关键词 五大连池;露头泉;氮磷污染

中图分类号 X181.3;X522 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)03-282-03

Study of Nitrogen and Phosphorus Pollution Characteristics of Wudalianchi Natural Outcrop Springs

WEI Xiao-xue, LI Yue-xing, WANG Jing-hua et al (Institute of Volcanoes and Mineral Springs, Heilongjiang Academy of Science, Wudalianchi, Heilongjiang 164155)

Abstract [Objective] The research aimed to study the characteristics of nitrogen and phosphorus pollution of 30 natural outcrop spring in Wudalianchi, which provides a theoretical basis for the sustainable development and utilization and protection of Wudalianchi natural mineral resources. [Method] Choosing 30 natural outcrop spring representatives in different region, samples were collected in low water period, normal water period, wet period respectively, the content of nitrogen, phosphorus and other contaminants in the samples were determined, the pollution characteristics of nitrogen and phosphorus in Wudalianchi natural outcrop spring were analyzed. [Result] The 30 natural outcrop spring general in Wudalianchi area were seriously polluted by nitrogen, total nitrogen and nitrate nitrogen is the main form of nitrogen pollution, the content of total phosphorus and ammonia nitrogen is low. [Conclusion] The natural outcrop spring pollution was mainly caused by agricultural non-point source pollution.

Key words Wudalianchi; Springs; Nitrogen and phosphorus pollution

五大连池是我国矿泉水之乡,五大连池矿泉水是世界珍稀资源,特别是五大连池的铁硅质重碳酸钙镁型的矿泉水,享有“神泉”、“圣水”的美誉,和法国的维希矿泉水、俄罗斯北高加索矿泉水并称为“世界三大冷泉”^[1]。五大连池现有矿泉水生产企业均利用五大连池天然露头泉作为水源生产,故五大连池地区天然露头泉的水质安全具有重要的战略地位。五大连池境内工业较少,居民大多以农业和旅游业为生。五大连池境内耕地面积28万hm²,是黑龙江省麦豆主产区之一,也是全国500个产粮大县之一,大豆种植面积占耕地总面积的70%左右,年平均总产40万t以上。

施肥是补充农田土壤氮、磷元素的主要来源,但土壤氮、磷元素流失也是地表水富营养化的重要因素。不合理施肥或过量施肥导致土壤养分累积对水体污染的问题,已引起不少学者的关注^[2-4]。大量氮、磷累积在土壤中,增加了氮、磷向水体释放的风险性。在降雨条件下,土壤中积累的氮、磷很容易随降雨地表径流流失到地表水系,或随水淋洗到土壤深层,导致地表水富营养化或地下水污染等环境问题^[5]。农村生活污水、养殖畜牧废水的任意排放,也是导致水体中氮磷含量增加的不可忽视的重要因素^[6]。

五大连池水体丰富,天然露头泉是五大连池地区居民及企业重要的饮用水源地,其水质的好坏直接关系到流域内居民的生活质量,也影响当地的生态安全。鉴于目前农田大量存在不合理施肥或过量施肥的现象,笔者分别在2013~2014年的丰、平、枯3个水期对五大连池30个天然露头泉水体中

的氮、磷等污染物进行样品采集与分析,开展五大连池地区不同位置的天然露头泉氮磷污染特征的研究,分析引起水质差异原因。该研究对五大连池地区的水质监测和污染治理具有指导作用,为五大连池天然矿泉水资源的可持续开发利用和保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样区概况 五大连池风景区位于黑龙江省中北部,地处小兴安岭山地向松嫩平原的转换地带,地理坐标为126°00'~126°26'E,48°34'~48°48'N。五大连池自然保护区属于寒温带大陆性季风气候区,多年平均降雨量为514.3mm,雨期一般集中在6~8月。全年多西北风,结冰期为10月初至翌年5月初,无霜期为121d。五大连池自然保护区内的天然出露泉共发现一百多处^[7]。区内大部分泉是源于第四系玄武岩孔洞裂隙潜水的下降泉,只有少部分是受断裂影响而源于深层承压水的上升泉。从整体上看,泉水中阴离子主要以HCO³⁻占主导地位,阳离子主要为Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺为主,水化学类型多为HCO³⁻·Na·Ca·Mg型。

1.2 采样点选择及样品采集 选取五大连池自然保护区内不同环境区域有代表性的30个天然露头泉,泉眼名称、位置及环境概况如表1所示。项目在2013年10月、2014年5、8月,分枯水期、平水期、丰水期采集样品3批次。采集水样置于550ml聚乙烯瓶中,密封后运回实验室立即放入低于4℃冰箱中保存并尽快分析。

1.3 试验方法 试验方法参照国家环保总局编制的方法^[8],总氮用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定,硝态氮用酚二磺酸分光光度法比色测定,氨氮采用纳氏试剂分光光度法测定,总磷用钼酸铵分光光度法测定。

基金项目 黑龙江省财政基本科研业务费专项。

作者简介 魏晓雪(1982-),女,黑龙江兰西人,助理研究员,博士,从事环境生态学研究。

收稿日期 2014-12-04

表 1 泉眼位置及概况

序号	泉眼名称	地理坐标	环境描述
1	青泉外环路交叉口北修理厂院内	126°08.118' E, 48°38.434' N	居民区
2	青泉外环路交叉口南河沟西侧	126°08.121' E, 48°38.411' N	居民区
3	青泉外环路交叉口西北村内	126°07.914' E, 48°38.465' N	居民区
4	团结永远曲家	126°03.572' E, 48°35.572' N	居民区
5	团结永远陆家	126°03.309' E, 48°35.576' N	居民区
6	团结永远村西	126°03.189' E, 48°35.613' N	居民区
7	团结永安村鱼塘	126°02.451' E, 48°35.578' N	居民区
8	团结永安村村南	126°01.699' E, 48°35.399' N	居民区
9	景区西北砖厂西北养殖基地	126°07.828' E, 48°40.065' N	居民区
10	大连池农场场部加油站北亭子内	126°14.046' E, 48°42.994' N	居民区
11	龙泉	126°09.797' E, 48°37.550' N	居民区
12	二龙眼	126°07.861' E, 48°38.977' N	居民区
13	青石西沟子 2 号(放牧场)	126°05.646' E, 48°36.790' N	农田区
14	青石西沟子 1 号(南北路路西)	126°06.345' E, 48°36.709' N	农田区
15	青石南 01	126°07.294' E, 48°36.693' N	农田区
16	青石村内	126°07.676' E, 48°36.298' N	农田区
17	景区西北砖厂西北养殖基地村东	126°07.899' E, 48°40.082' N	农田区
18	青山窝棚西南 01	126°23.633' E, 48°36.022' N	农田区
19	青山窝棚西南 02	126°23.566' E, 48°36.047' N	农田区
20	合心窝棚	126°24.313' E, 48°36.221' N	农田区
21	大连池农场场部加油站北亭子路北	126°14.050' E, 48°43.001' N	农田区
22	大连池农场砖厂东南树林西路北	126°16.955' E, 48°42.837' N	农田区
23	大连池农场砖厂东南树林东路西	126°17.812' E, 48°43.318' N	农田区
24	尾山十三连 1 号	126°19.547' E, 48°47.227' N	农田区
25	尾山十三连 2 号	126°19.596' E, 48°47.161' N	农田区
26	尾山十三连 3 号	126°19.607' E, 48°47.174' N	农田区
27	东兴西南 800 m	126°14.003' E, 48°34.508' N	农田区
28	地震台北	126°08.146' E, 48°39.519' N	野外区
29	青山窝棚	126°23.809' E, 48°36.156' N	野外区
30	东沟子南道西 10 m	126°14.741' E, 48°43.860' N	野外区

2 结果与分析

2.1 30 个露头泉总氮含量变化 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),总氮含量超标严重(图 1),平均浓度超过 V 类上限的 2~10 倍,最大值超出 V 类水质标准 10 倍之多。不同水期总氮含量变化特征不明显,但最高值均出现在

平水期。不同环境的泉眼全氮含量差异也不明显,说明调查的 30 个天然露头泉均受到不同程度的氮素污染。平水期正是农业生产施用化肥和喷洒农药的时期,降水量虽然不如丰水期丰富,但大量流失的化肥、农药随地表径流进入地下水系中,使得平水期总氮含量偏高,同时随地下水和地表水循

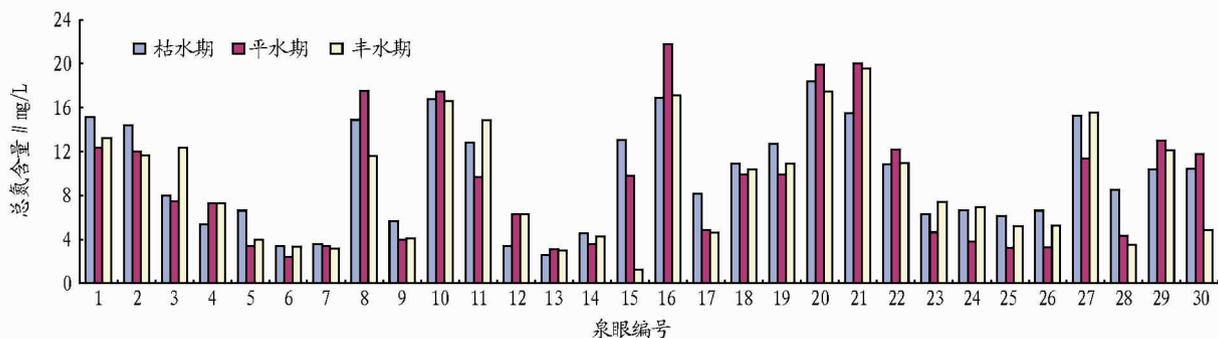


图 1 30 个露头泉总氮含量变化

环进而污染非农田区域。

2.2 30 个露头泉硝态氮含量变化 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),有近一半数量的泉眼硝态氮含量达标,其余一半超标 2 倍(图 2)。硝态氮含量最大值均出现在平水期,这与总氮变化趋势一致。总氮和硝态氮浓度最大值

均出现在 16 和 21 号泉眼,位于农田区。农田区域泉眼硝态氮浓度平均高于居民区和野外区,说明农业面源污染成为硝态氮污染加重的一个重要原因。

2.3 30 个露头泉氨氮含量变化 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),氨氮浓度较低(图 3),总体符合 II 类水

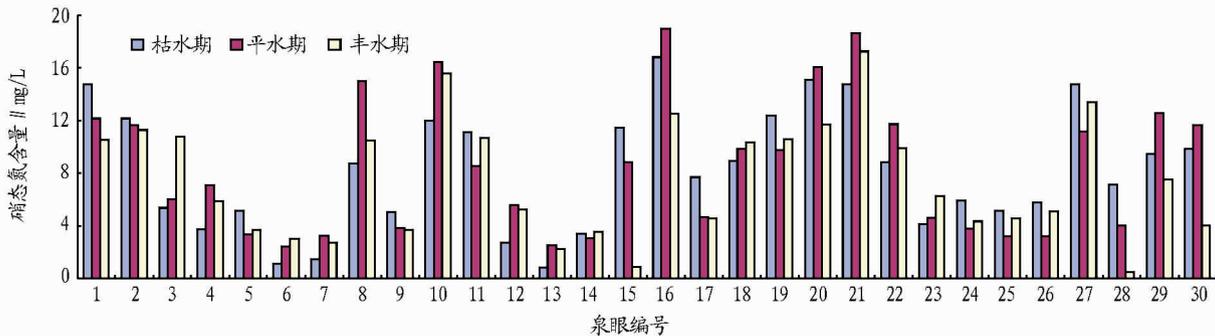


图2 30个露头泉硝态氮含量变化

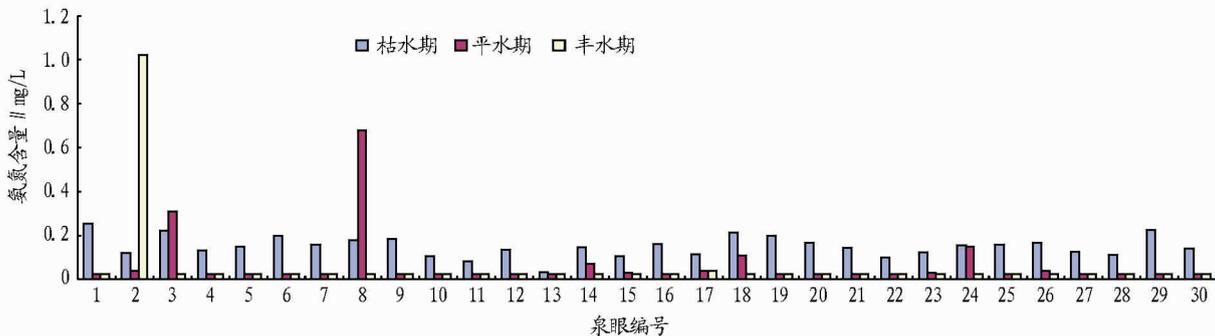


图3 30个露头泉氨氮含量变化

体标准。枯水期氨氮浓度较平水期和丰水期稍高,不同环境区域的泉眼氨氮含量差异不明显。由此可见,氮素污染主要为硝态氮污染。虽然氨氮含量低,但是氮素污染仍然严重。

2.4 30个露头泉总磷含量变化 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002),泉眼总磷含量较低(图4),总体达到Ⅲ和Ⅳ类水质标准,只有9、12、17、28号泉眼总磷含量明显高于

其他泉眼。9和17号泉眼靠近养殖场,可能是受到生活污水和牲畜排泄物影响,从而导致总磷含量较其他采样点偏高。12和28号泉眼靠近旅游区,游客和居民产生的未经处理的污水和生活垃圾直接排放,造成总磷含量偏高。不同水期、不同环境的泉眼相比,总磷含量差异不明显。

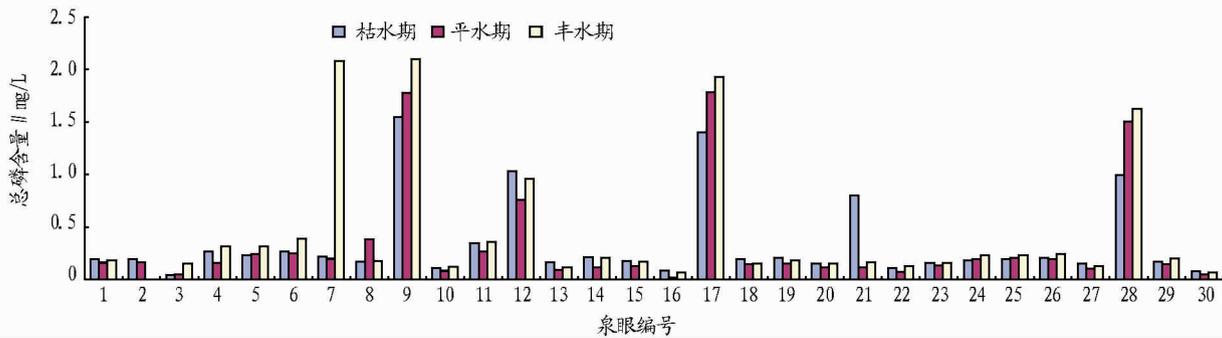


图4 30个露头泉总磷含量变化

3 结论与讨论

五大连池地区30个泉眼总体水质受到严重的氮素污染,总氮和硝态氮是主要的氮素污染形式,总磷和氨氮含量较低。现阶段氮素污染主要来自农业面源污染,包括农村居民生活污水以及农业生产中农药、化肥使用不合理造成的污染。针对泉眼水质氮素严重污染的现象,建议采取相应的防治措施。①保护水源地的生态环境,保证泉水质量。严禁破坏天然矿泉及其周围地区的原始植被和地貌。②清除泉区污染源,减少人为污染。位于旅游区或居民区的矿泉水源地,严格控制矿泉水(井)点周围污染源存在。农村地区建设农村污水管网,建立废水处理及垃圾分类系统,对污水进行

集中处理;建立禽畜排泄物处理工程;农业上合理控制施肥量,平衡施肥,改进施肥方法;合理使用低毒高效农药,因地制宜,优化种植结构,大力发展生态农业循环经济,从而减少农业面源污染对水质的影响。③加强对矿泉的管理和保护,同时也要加强对当地居民和游客的宣传,提高大众的生态环境保护意识。

参考文献

[1] 谢冬青. 中国矿泉水之乡唱农业产业化大戏[J]. 财经界, 2012(19): 60-61.
 [2] 司友斌, 王慎强, 陈怀满. 农田氮、磷的流失与水体富营养化[J]. 土壤, 2000, 32(4): 188-193.

表5 各省份主成分得分

编号	地区	F_1	F_2	F_3
1	河北	-1.164 24	0.750 83	-0.129 87
2	辽宁	-0.389 13	0.912 08	-0.741 34
3	浙江	5.735 67	0.535 67	0.257 99
4	安徽	-1.329 01	0.238 53	0.050 38
5	福建	1.093 59	-1.831 57	-0.605 06
6	河南	-1.722 47	0.114 44	-0.033 25
7	湖南	-0.773 04	-0.547 27	0.730 15
8	四川	-1.451 37	-0.172 71	0.471 01
9	参考值	-1.713 73	0.183 56	-0.513 50

2.2.2 关联系数的建立。矩阵 $\alpha \in [0, 1] Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_9]$ 可以得价为一个因子集。因数序列 $Y_j \in Y$ 满足使 Y 为灰关联因子集。

以 $Y_j (1 \leq j \leq 9)$ 为参数序列, $Y_i \in Y$ 为比较序列, 比较序列对参数序列在第 $k (k=1, 2, 3)$ 主成分上的灰关联为:

$$r_{ij}(k) = r(Y_i(k), Y_j(k))$$

$$= \frac{\min_i \min_j \min_k \Delta_{ij}(k) + \alpha \max_i \max_j \max_k \Delta_{ij}(k)}{\Delta_{ij}(k) + \alpha \max_i \max_j \max_k \Delta_{ij}(k)}$$

式中, $\Delta_{ij}(k) = |Y_i(k) - Y_j(k)|; j=9, Y_9$ 为参考序列。

常数 $\alpha = 0.5 \in [0, 1]$ 为分辨率系数, 这里取 $\alpha = 0.5$ 计算可得 $\min_i \min_j \Delta_{ij}(k) = 0.008\ 747\ 158; \min_i \min_j \Delta_{ij}(k) = 7.449\ 396\ 307$ 。

可得关联系数矩阵见表6。

表6 各省份关联系数矩阵

编号	地区	$r[Y_i(1), Y_9(1)]$	$r[Y_i(2), Y_9(2)]$	$r[Y_i(3), Y_9(3)]$
1	河北	1.551 830 002	1.569 615 722	1.385 979 628
2	辽宁	6.543 247 334	1.730 859 754	1.230 189 366
3	浙江	4.225 872 364	1.354 456 816	1.773 839 494
4	安徽	1.387 061 226	1.057 314 084	1.566 228 899
5	福建	3.809 660 346	3.017 478 579	1.093 906 269
6	河南	1.011 095 579	1.071 468 111	1.482 607 026
7	湖南	1.943 038 504	1.733 187 035	2.246 004 826
8	四川	1.264 708 813	1.358 627 746	1.986 858 830

2.2.3 对关联度计算并排序。设各主成分的方差贡献率为 p_k , 灰关联度计算公式为:

$$r_i = \sum_{k=1}^n p_k r[Y_i(k), Y_9(k)]$$

式中, r_i 为比较数列 Y_i 与参考数列 Y_j 的关联度。

根据数据可得各关联度, 由高到低排序依次为: 辽宁、浙江、福建、湖南、河北、安徽、四川、河南。具体数值表7。

由结果可知, 根据关联度进行排序的结果和依据主成分

得分结果进行排序的不同, 但二者差异性不大。

表7 各省份关联度数值及排序

地区	关联度	排序
河北	1.506 6	5
辽宁	5.680 6	1
浙江	3.727 1	2
安徽	1.321 4	6
福建	3.531 9	3
河南	1.006 5	8
湖南	1.879 4	4
四川	1.265 5	7

3 结论与建议

该研究针对农民生活水平进行评价, 根据聚类分析选择经济发展水平较为相近的8个省份, 对其农民生活水平进行分析评价。在选取的8个省份中, 辽宁省属于东北区域, 河北、河南、安徽、湖南、四川属于内陆省份, 而且河北、河南、安徽、湖南是中部6省中的4个, 浙江、福建属于东南沿海省份。

由主成分得分排序可知, 浙江省农民生活水平排在第一位, 第二是福建省, 再然后是辽宁省。在灰色关联度下, 排在前3位的分别是辽宁省、浙江省、福建省。而其余省份在两种排序中名次相同。虽然这里没有将所有的东北省份、沿海省份、内陆省份一一做比较, 但是在现有的样本中, 在经济发展水平相当的8个省份农民生活水平及质量的比较中, 东北地区 and 沿海地区农民生活水平比内陆地区更高。

由灰色关联分析结果可知, 辽宁省农民平均生活水平最高, 其次是浙江、福建这2个沿海省份, 再者是湖南、河北、安徽、四川、河南。

河南省是人口大省, 在人口压力以及一些固有观念的影响下, 农民享受生活的观念不是很强。国家在实施中部崛起战略举措的同时更应该加强“三农”问题的解决, 不至于经济与生活不相当, 切实使农民的现实生活好起来。四川地理位置特殊, 经常受到自然灾害的侵袭, 国家应给予一定程度的政策倾斜。在内陆省份中, 湖南、河北、安徽农民生活水平相对较高。

参考文献

- [1] 张羽琴. 浅议城镇居民生活水平评价统计指标体系的设置[M]. 贵州社会科学, 2000(2): 18-21.
- [2] 罗萍, 殷燕敏, 张学军, 等. 国内生活质量指标体系研究现状评析[J]. 武汉大学学报: 人文社会科学版, 2000, 53(5): 645-649.
- [3] 汪远征, 徐雅静. SAS软件与统计应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [4] 高惠璇. 实用统计方法与SAS系统[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [5] 赵文英. 基于主成分-灰色关联度的黑龙江省城镇化水平综合评价[J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(6): 43-50.
- [6] 饶秀娟, 蒋梦云, 戴志, 等. 新安江流域(黄山段)氮磷污染特征的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(15): 4733-4735.
- [7] 张耀德, 王允鹏, 耿成运, 等. 五大连池药泉山矿水成因研究[J]. 水文地质工程地质, 1988(2): 24-27.
- [8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

(上接第284页)

- [3] 曹志洪. 施肥与水体环境质量: 论施肥对环境的影响(2)[J]. 土壤, 2003, 35(5): 353-356.
- [4] 全为民, 严力蛟. 农业面源污染对水体富送货的影响及防治措施[J]. 生态学报, 2002, 16(2): 33-35.
- [5] 谢真越, 卓慕宁, 李定强, 等. 不同施肥水平下菜地径流氮磷流失特征[J]. 生态环境学报, 2013, 22(8): 1423-1427.