

# 徐州市北郊工业区浅层地下水重金属污染研究

张华<sup>2</sup>, 鲁梦胜, 李功振, 王晓, 栾小丽 (1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州221008; 2. 江苏省徐州市环保局, 江苏徐州221005)

**摘要** 徐州市是我国重工业城市之一, 目前徐州市大部分工业、企业分布在北郊。由于各种原因, 十几年来北郊工业区重金属污染物的排放量并未减少, 通过污水灌溉、地表径流下渗等途径扩散迁移到浅层地下水中的重金属可能已经危及到地下水的安全。以该区为研究对象, 根据该区地下水的流向进行了系统采样, 对采集到的13个地下水样品中的重金属元素进行了系统分析, 以饮用水标准为评价标准, 采用单因子法进行了评价。结果表明, Cu、Zn、Hg 3种元素均未造成污染; 61% 上的样品中Cd元素达到或超过饮用水水质标准上限; Mn 的浓度为69%, 样品超标; Pb元素污染严重且已影响到整个研究区。

**关键词** 重金属; 浅层地下水污染; 徐州市

中图分类号 X523 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)09-04179-02

## Pollution Assessment of Heavy Metals in Shallow Groundwater in the Northern Suburb of Xuzhou City

ZHANG Hua et al (School of Environmental Sciences and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

**Abstract** Xuzhou is one of important industrial cities in China. At present, most industries and enterprises are distributed in north suburbs of Xuzhou City. Due to various reasons, the discharge of heavy metals pollutants in north suburbs industrial areas in about ten years has not been decreased still. The heavy metals diffused and moved to shallow groundwater through the approaches of sewage irrigation and surface runoff infiltration might have endangered the safety of groundwater. With this region as the study area, the samples were systematically collected according to the flow direction of groundwater in this region. The heavy metals in 13 collected groundwater samples were systematically analyzed. With the drinking water standards as the evaluation standards, the evaluation was made by using single factor method. The results showed that there was no pollution of Cu, Zn and Hg. Cd in more than 61% samples reached or exceeded the upper limit for the standards of drinking water. Mn concentration in 69% water samples exceeded the standards. And Pb pollution was serious and affected the whole study area.

**Key words** Heavy metals; Shallow groundwater pollution; Xuzhou City

徐州市是全国100个严重缺水的城市之一, 也是以地下水作为主要供水水源的工业城市。由于长期超采地下水导致地下水运动方向发生变化, 地表水向地下水的入渗速度加快, 给污染物的下渗、迁移、扩散创造了条件。从2005年度监测结果来看, 以《地下水质量标准》(GB/T14848-93) 类水质标准为基准, 评价项目有pH值、总硬度、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、高锰酸盐指数、挥发酚、总氰化物、氟化物、总汞、总砷、六价铬、总铅、总镉、总铁、总锰、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、细菌总数、总大肠菌群。其中超标项有总硬度、溶解性总固体、氨氮、锰、氯化物、大肠菌群、细菌、亚硝酸盐氮

和硫酸盐9项指标, 前7项指标超标率大于50%。这说明徐州市潜水已受到一定程度的污染。

另外, 由于各种原因, 北郊工业区重金属污染物的排放量十几年来并未减少。据调查, 该区土壤及地表水体底泥已受到比较严重的重金属污染<sup>1-3]</sup>。随着重金属元素在土壤中的淋溶迁移作用<sup>4]</sup>, 最终可能会危及到浅层地下水, 但至今没有关于徐州市地下水中重金属元素的系统研究。此外, 徐州北郊工业区虽不是集中饮用水水源地, 但区内尚有大量郊区居民以浅层地下水作为饮用水源。因此, 笔者以徐州市北郊工业区为例(采样点见图1), 研究浅层地下水中重金属元素的分布规

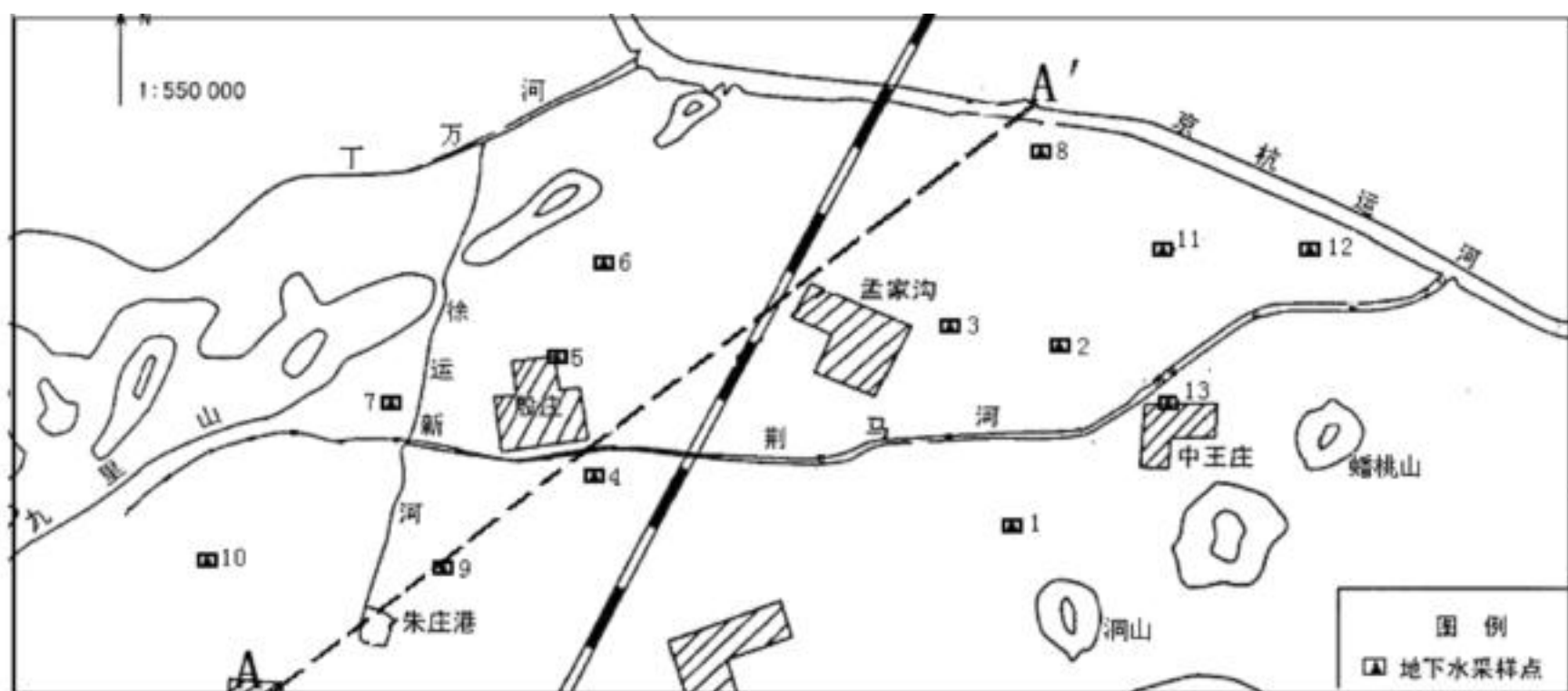


图1 徐州市北郊工业区浅层地下水采样分布

Fig.1 The samplings location distribution of shallow groundwater in north suburb industrial area of Xuzhou City

基金项目 高等学校博士学科点专项基金资助项目(SRFDP)(200302-90010)。

作者简介 张华(1970-), 男, 江苏邳州人, 在读博士, 工程师, 从事环境管理方面的研究工作。

收稿日期 2009-01-15

律, 开展对该区浅层地下水中重金属元素的系统评价, 以保障当地人民的身体健康和社会经济的可持续发展。

作为一个完整的水文地质单元, 研究区地质构造相对简单, 地下水自西南流向东北, 主要为第四系孔隙潜水, 埋藏深度小于40 m, 由第四系全新统和上更新统组成。表土层厚度

在0.5~8.5 m,表土层以下的黏土层厚度在7.0~30.0 m,黏土层的下面是岩石层,绝大多数为砂页岩或泥质页岩。含水层富水性中等,单井涌水量一般500~1 000 m<sup>3</sup>/d,地下水类型为HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>Ca·Mg(Na)型水,硬度较大。

## 1 采样与测试

**1.1 水样采集** 综合考虑地表水、底泥、土壤等环境中重金属元素的含量以及该区主要污染源分布情况和居民点分布区域,根据可选用的现有压水井的位置及交通便利原则,在2005年9月份进行采样,采样点的布置见图1。井深在10~30 m,共采集了该区13个有代表性的浅层水水样。采集的样品存放在聚乙烯塑料瓶内加硝酸稳定,测汞样品加硝酸和重铬酸钾固定后带回实验室冷冻保存以备分析其中的重金属元素。

**1.2 测试方法** 所有样品的测试工作均在北京市理化分析测试中心物理化学实验室进行。铜、铅、锌、镉等7种重金属总量的测定按《水和废水监测分析方法》第4版进行,用美国产IRIS advantage型等离子发射光谱仪测定,总Hg含量采用AFS2201型原子荧光光谱仪测定。

## 2 结果与分析

经测试,各采样点水样中重金属元素含量见表1。

表1 各采样点水样中重金属元素含量统计结果

Table 1 The statistical results of heavy metals content in water samples from different sampling sites

重金属 Heavy metals	最大值 Maximum	最小值 Minimum	均值 Mean
Cu	0.029	<0.010	-
Zn	0.007	0.002	0.005
Pb	0.120	0.001	0.077
Cd	0.006	0.001	0.004
Hg	0.001	0.000 7	0.000 8
N	0.055	<0.010	-
Mn	7.770	0.013	1.300
Cr	0.110	<0.010	-

**2.1 研究区浅层地下水中重金属元素污染评价** 由于研究区中的地下水仍然是该区大部分居民生活饮用水源,另有少部分用于工农业生产,所以该研究采用《生活饮用水卫生标准》GB5749-2005中的相关指标作为评价标准来分析研究区浅层地下水中重金属污染情况。生活饮用水卫生标准中的重金属指标见表2。

由于有关文献中对地下水中重金属元素污染程度的评价非常少,在评价环境污染的情况下,目前一般情况下多采用单因子污染指数法<sup>[5]</sup>进行评价。因此,笔者采用单因子法,通过与饮用水水质标准比较,对徐州市北郊工业区浅层地下水中重金属污染程度进行评价。

单因子法指数法的计算方法如下:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中, $P_i$ 为污染物*i*的污染指数; $C_i$ 为污染物的实测浓度(ng/L); $S_i$ 为污染物的评价标准(ng/L)。评价结果见表2。从表2可以看出,Pb的浓度85%以上的样品超过饮用水水质标准,且超标最严重的达到12倍,超标的原因尚有待调查。Mn的浓度69%样品超标,55%的样品超标在3倍以上,最高

的超标达到77倍,原因可能是该区含水层中大量存在铁锰质结核,但也不能完全排除人为影响。Cd元素基本未超过饮用水水质标准,但61%的样品中Cd元素含量已达或超过饮用水水质标准上限;N元素只在3、4、5号3个采样点有检出并且超标;Cu、Zn、Hg 3种元素均未超标,符合饮用水水质。总体上,研究区的浅层地下水已经受到来自外界的金属污染物的影响,且Pb污染已经影响到整个研究区。

表2 徐州市北郊工业区浅层地下水中重金属元素含量H值

Table 2 H value of heavy metals content in shallow groundwater in north suburb industrial area of Xuzhou City

采样点 Sampling sites	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	N	Mn
1	未检出	0.01	3.00	0.20	0.70	未检出	27.00
2	未检出	0.01	3.90	1.00	0.90	未检出	10.50
3	0.02	0.00	0.10	0.20	0.70	2.25	3.90
4	0.03	0.01	9.00	0.60	0.70	1.40	77.70
5	0.02	0.01	10.00	1.00	0.80	2.75	0.93
6	未检出	0.00	9.90	1.20	0.80	未检出	0.13
7	未检出	0.01	10.00	1.00	0.80	未检出	5.00
8	未检出	0.00	0.10	0.80	0.80	未检出	1.80
9	0.01	0.01	10.00	1.00	0.80	未检出	0.35
10	0.01	0.01	10.00	0.80	1.00	未检出	11.20
11	未检出	0.01	11.00	1.00	0.80	未检出	10.70
12	0.02	0.01	12.00	1.00	0.80	未检出	19.30
13	0.01	0.00	11.00	1.20	0.70	未检出	0.39
S <sub>i</sub> (饮用水标准 ng/L)	1.00	1.00	0.01	0.005	0.001	0.02	0.10

## 2.2 研究区浅层地下水中重金属元素随时间的演变特征

表3是徐州市历年对该区浅层地下水水质的监测结果。

表3 历年研究区浅层地下水中重金属元素监测均值

Table 3 The average concentration of heavy metals in shallow groundwater of the study area in the past years

重金属 Heavy metals	2005*	2000	1996	1990
Zn	0.004 6	-	-	0.01
Pb	0.077	0.005	0.012	-
Cd	0.004	0.001	0.001	-
Hg	0.000 80	0.000 02	0.000 02	-
Mn	1.30	1.16	0.57	0.31

注:\* 自测数据,其余数据出自徐州市环境质量年报。

Note: \* indicated that the data in this year were detected by oneself. The other data are from the environmental quality annual of Xuzhou City.

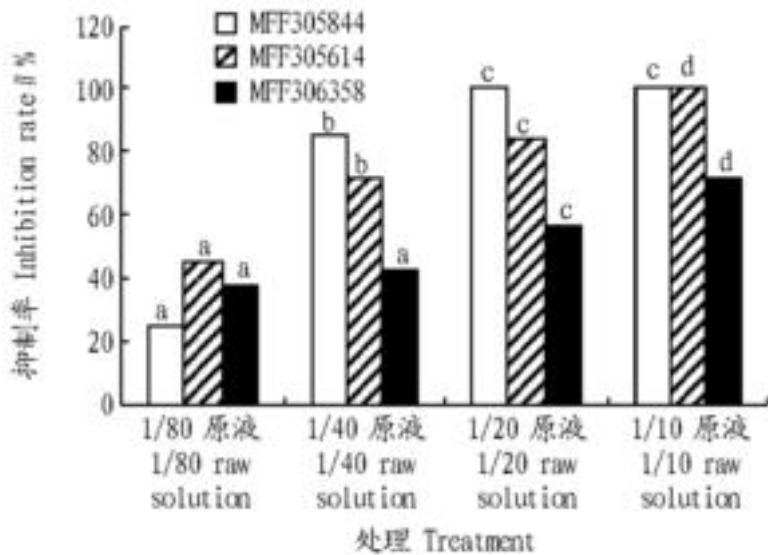
从表3可以看出,研究区浅层地下水重金属污染有加重趋势,尤其是Mn污染呈上升趋势,说明除了受该区含水层中大量存在铁锰质结核影响外,人为影响也是研究区浅层地下水Mn污染的一个重要方面。

## 3 结论

研究区的浅层地下水中Pb和Mn超标严重,说明浅层地下水已受到污染,且Pb污染已经影响到整个研究区。Cd、Hg虽然没有超标,但是已受到人为因素的影响,如果不采取措施控制,以上述变化趋势,将会危害到浅层地下水。

由于浅层地下水本身的赋存特征,短期内研究区内浅层地下水水质不会有明显改善。作为岩溶水与地下水<sup>[6-7]</sup>的补给来源之一,其水质污染最终必将影响岩溶水水质,因

(MAFF305614) 易被抑制。由此推测麦冬块根提取物含有抑制植物病原菌生长的化学物质。



注:图中同一菌株内不同字母间代表5%水平差异显著。

Note: Different letters within the same strain mean significant difference at 5% level.

图1 不同浓度麦冬块根提取物对3种植物病原菌生长的影响  
Fig.1 Effects of different concentrations of extracts from dwarf lilytuf roots on the growth of three kinds of plant pathogen

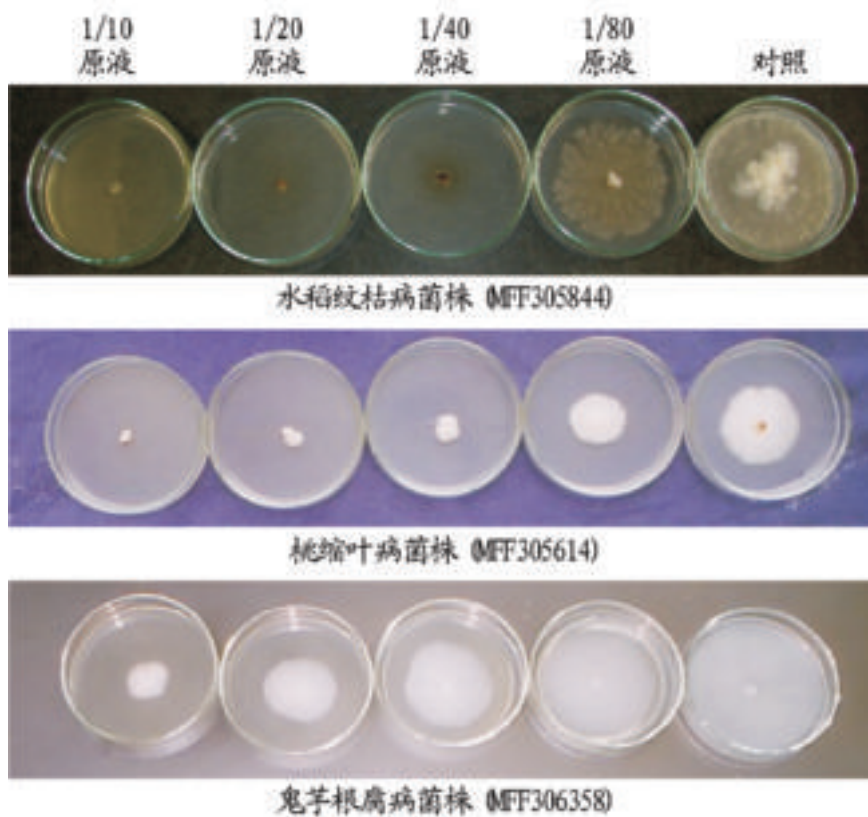


图2 不同浓度处理对植物病原菌生长的影响

Fig.2 Effects of different concentration treatments on the growth of plant pathogen

### 3 讨论

该试验表明,70% 甲醇溶液的麦冬块根提取物对3种产

自日本的不同植物(水稻,桃,鬼芋)病原菌菌株的菌丝生长均有明显抑制效果,并都随着处理浓度的提高抑制效果明显提高,显示出麦冬块根提取物中含有抑制稻瘟病菌生长的化学物质。值得一提的是,试验中原液的1/10浓度处理能完全抑制水稻纹枯病菌株MAFF305844和桃缩叶病菌株MAFF305614的生长,显示麦冬块根有望成为植物源生物杀菌剂。目前麦冬块根中能抑制植物病原菌生长的活性化学成分尚不清楚,还需要分离和鉴定。过去笔者已经从麦冬块根提取物中分离和鉴定出水杨酸(salicylic acid)、丁香酸(syringic acid)、香草酸(vanillic acid)、3,5-二甲氧基4-羟基-反式-苯乙酸(sinic acid)、对羟基苯甲酸(p-hydroxybenzoic acid)、丁香醛(syngaldelyde)6种多酚类物质<sup>[7]</sup>,其中水杨酸(salicylic acid)含量占多酚类总量50%以上,可以说麦冬是一种富含水杨酸的植物,但这是否与抑制植物病原菌生长有关,还需要进一步验证。另外,该试验结果仅来自对3种植物病原菌在实验室内的试验结果,对其他植物病原菌以及田间防治是否有效还需要进一步研究。

### 参考文献

- [1] 吴传万,杜小凤,王伟中,等.植物源抑菌活性成分研究新进展[J].西北农业学报,2004,13(3):81-88.
- [2] 余伯阳,徐国钧.中药麦冬的资源利用研究[J].中草药,1995,26(4):205-210.
- [3] 田友清,余伯阳,寇俊萍.麦冬药理研究进展[J].中国医学生物技术应用杂志,2004(2):1-5.
- [4] 林晓,周强峰,徐德生.麦冬药理研究进展[J].上海中医药杂志,2004,38(6):59.
- [5] 刘伟,王著禄,梁华清.湖北山麦冬化学成分的研究[J].药学学报,1989,24(10):749-754.
- [6] IIN DONGZH, TSUZUKI E, SUGIMOTO Y, et al. Assessment of dwarf lilytuf (Ophiopogon japonicus K.) dried powders for weed control in transplanted rice [J]. Crop Protection, 2003, 22(2):431-435.
- [7] IIN DONGZH, TSUZUKI E, SUGIMOTO Y, et al. Elementary Identification and biological activities of phenolic allelochemicals from dwarf lilytuf plant (Ophiopogon japonicus K.) against two weeds of paddy rice field [J]. Plant Production Science, 2004, 7(3):260-265.
- [8] YIN L G, WEI Q, ZHANG C, et al. Antifungal activity of extracts from Cerodermbungi leaves against two species of phytopathogens [J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(1):143-145.
- [9] 程玲玲,孙梅,涂凌.决明子提取物对植物病原菌的抑菌活性初探[J].四川理工学院学报:自然科学版,2005,18(2):53-55.
- [10] Q L Y, IJUL L, YU P R, et al. Preliminary studies on antifungal activity of Xanthium sibiricum and the endophytic fungi [J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(4):144-148.
- [11] 冯黎莎,付先龙,陈放,等.金荞麦提取物对植物病原菌的抑菌活性初探[J].四川大学学报:自然科学版,2006,43(3):688-691.

(上接第4180页)

此,必须引起当地政府的足够重视,制定出地下水资源保护规划,以保护该地区的浅层地下水资源。

### 参考文献

- [1] 韩宝平,王晓,冯启言.徐州市荆马河底泥重金属污染特征研究[J].中国矿业大学学报:自然科学版,2003(2):138-140.
- [2] WANG X, HAN B P. Assessment of Cu, Pb and Hg contamination in bottom sediments of surface water in Xuzhou [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2004(1):70-72.

- [3] 冯启言,孟庆俊,韩宝平.荆马河水体Cu、Cd、Pb、Cr污染及其对土壤的影响[J].环境科学与技术,2004(1):46-48.
- [4] 刘红侠,韩宝平.徐州市北郊土壤重金属污染演化特征研究[J].农业环境科学学报,2004,23(6):1177-1181.
- [5] 孙卫玲,赵智杰,杨小毛.深圳江碧工业区地下水污染及其原因分析[J].环境科学研究,2002(2):12-15.
- [6] GEORGIOS STAMATIS, KOSTAS VOUDOURIS. Groundwater pollution by heavy metals in historical mining area of Lavio, Attica, Greece [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2001, 128:61-83.
- [7] AASTRUP M, THUNHOLMB. Heavy metals in stockholm groundwater: concentrations and fluxes [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2001, 1(3/4):25-41.