

鲁北平原浅层地下水中砷的来源探析

刘中业, 杨丽芝, 祁晓凡, 张涛, 刘春华

(山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

摘要:为了阐明养殖场中所排放的含砷废水对浅层地下水水质的影响,通过对在鲁北平原养殖场附近采集的水样中砷含量与全区采集水样的砷含量进行了对比分析研究,初步明确了养殖场所排放的含砷废水已经对附近地下水造成了一定的污染,养殖场所排放废水的砷已成为浅层地下水中砷的一个重要来源。此结论为养殖场附近浅层地下水的防污、治污和限制砷在饲料中的添加提供了一定的参考依据。

关键词:砷;浅层地下水;养殖场;鲁北平原

中图分类号:P641.3

文献标识码:B

0 引言

砷是世界范围内广受关注的有毒元素之一。尽管微量的砷可以刺激生长过程,并对部分作物具有增产作用,但对砷的研究更多是从其毒害作用的角度进行的。砷不仅危害人体健康,还妨碍经济和社会的可持续发展。环境介质中过量的砷进入人体后,会严重威胁身体健康,如可能导致皮肤损伤、肾功能障碍、肝癌、皮肤癌等疾病,严重者还可能因急性中毒而死亡^[1,2]。砷在自然界中存在于各类岩石、土壤、水体中,总体而言,鲁北平原砷的地球化学背景处于正常的水平^[3]。砷与其化合物被广泛应用在饲料添加剂、农药、除草剂、杀虫剂及众多合金中。有机砷制剂对禽畜具有促生长和抗虫作用,在现代集约化养殖业中被广泛使用,甚至被过量添加,但是有机砷在畜禽体内很少被吸收,大部分随粪尿排出体外^[4]。养殖场中排出的含砷废水大都未经处理直接排入了自然界中,对养殖场附近的土壤和浅层地下水质量构成了较大的威胁^[5]。

鲁北平原作为山东省重要的粮棉养殖基地,农业、养殖业十分发达,2007年全区共有大牲畜254.26×10⁴头,猪出栏量为670.79×10⁴头,羊出栏量为563.35×10⁴头,家禽出栏量为27209.00×10⁴只,兔出栏量为173×10⁴只。大牲畜日用水定

额为20L/头·d,小牲畜为10L/头·d,家禽的日用水定额为0.5L/只·d,工作区内养殖业年耗水量约为6553×10⁴t^[6]。大多数猪和家禽主要依靠饲料喂养;一只家禽一生的饲料消耗量约为6kg,一只猪一生的饲料消耗量约为300kg^[7],牛和羊为草食性动物,消耗饲料量很小,暂时不对其进行统计,研究区内一年约消耗家禽饲料163.3×10⁴t,消耗猪饲料约20.1×10⁴t,按照农业部《饲料药物添加剂使用规范》(中华人民共和国农业部公告第168号)中砷的限量规定(洛克沙砷≤50g/t),据此估算,研究区内的养殖场1年大约可以向环境中排放约36450kg洛克沙砷。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区地处鲁北平原区(图1),地势平坦,地表岩性为粉土,春季干旱多风、夏季炎热多雨、秋季旱涝不均、冬季寒冷少雪,区内多年平均降水量为568mm,蒸发量为1600~1900mm,降水多集中在7—8月,区内水系不发育,多以人工开挖的河渠为主,鲁北平原由于受不同地质历史时期的古气候、古地理沉积环境及新构造运动等因素控制,含水砂层在不同深度的分布形态和发育程度均存在着差异,并导致地下水

* 收稿日期:2012-10-21;修订日期:2013-01-10;编辑:王秀元

基金项目:中国地质大调查项目(项目编号:1212010634603)资助

作者简介:刘中业(1979—),男,山东费县人,工程师,主要从事水文地质环境地质调查工作;E-mail:yimeng_1130@sina.com。

的富水性、循环交替强度、水化学类型等水文地质特征发生相应的变化,第四纪含水层组从上到下可以划分为 4 个含水岩组,第 I 含水岩组层底深度为 30~40 m,含水砂层累积厚度一般 10 m 左右,颗粒较细,为粉砂至细砂,古河道带颗粒相对较粗,厚度也大,主要为潜水,水循环交替强烈,更新速率相对较快,有利于地下水的补给与开发利用,同时第 I 含水岩组地下水较为脆弱,保护不当容易受到污染;第 II 含水岩组、第 III 含水岩组主要为咸水层,基本不开采;第 IV 含水岩组地下水是城镇居民生活、工业用水的主要开采层,含水层颗粒较粗大,一般为中砂,局部为粗砂砾石。部分文献将第 II、第 III 含水岩组划分为一个含水岩组^[8]。此次研究为养殖场对第 I 含水岩组中地下水(即“浅层地下水”)的影响。

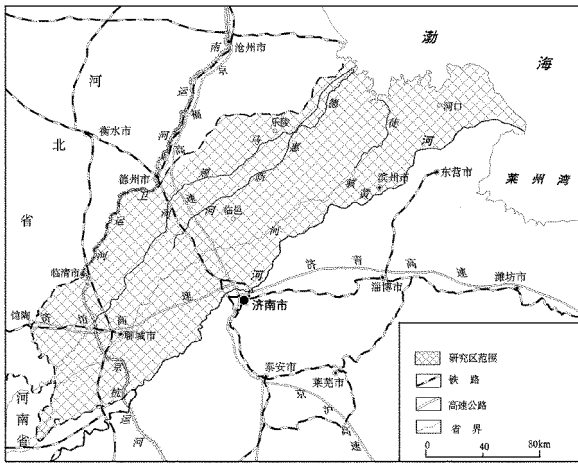


图 1 研究区位置示意图

养殖场在区内成点状零散分布,数量众多,多以家庭式分散饲养为主,养殖场规模不大,牲畜所排出的粪尿绝大多数均未进行任何处理,随意排放。随着时间的推移,在自然界中蓄积的砷的数量愈来愈多,对附近地表水体和土壤造成了严重污染,进而进一步污染浅层地下水。

1.2 样品采集与测试

2006—2009 年在研究区内的居民地、养殖场、农田中、石油开采区和加油站、垃圾填埋场附近等不同类型的典型场地中共采取浅层地下水样品 1 087 组(图 2),样品大致均匀的分布在整个研究区内。在进行地下水样品采集前,均进行了充分的洗井,取样方法严格按《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164—2004)和《地下水污染地质调查评价规范》(DD2008—1)要求进行,无机指标 Fe、重金属等指标加入了保护剂,并在 3 天内送实验室进行了检测。无机多项分析样品送山东省地质环境监测总站进行检测。

1.3 数据处理

数据方差分析和非参数校验均通过统计软件 Spss 13.0^[9]完成,采样点分布图和地下水中砷等值线图用 MapGIS 6.7 完成。

2 结果与分析

2.1 各典型区浅层地下水中的砷分布特征

样品测试统计结果见表 1。

表 1 各类场地地下水样品砷含量特征对比(mg/L)

场地类型	样品数(组)	检出率	检出平均值 (检出限:0.005)	标准离差	超标率	超标平均值 (超标限:0.01)	标准离差
养殖场	37	70.3%	0.039	0.038	51.4%	0.050	0.037
农田	67	49.3%	0.025	0.042	26.9%	0.040	0.053
采油井和加油站	27	44.4%	0.039	0.072	29.6%	0.055	0.085
垃圾场	17	29.4%	0.024	0.015	23.5%	0.029	0.013
居民地	939	36.3%	0.029	0.040	26.8%	0.037	0.044
全区	1087	38.4%	0.030	0.041	27.7%	0.038	0.045

注:表中标准离差分别为取高于检出限和高于超标限的值计算获得。

从表 1 可以看出在养殖场中所采集浅层地下水中的砷的检出率与超标率均远超过在农田、居民地、垃圾场等场地中采取的浅层地下水中样品中砷的含量,砷的平均浓度也均较其他典型场地高。从检出值和超标值的标准离差可以看出,在采油井和加油

站、农田等典型区中采集水样的砷含量波动程度较高,在养殖场和垃圾场附近采集水样的砷含量波动程度较小,表明在居民区和农田等典型区中砷的含量分布可能与自然条件有关,即可能是受到地下水天然背景值的影响较大,区域差异较为明显,而养殖

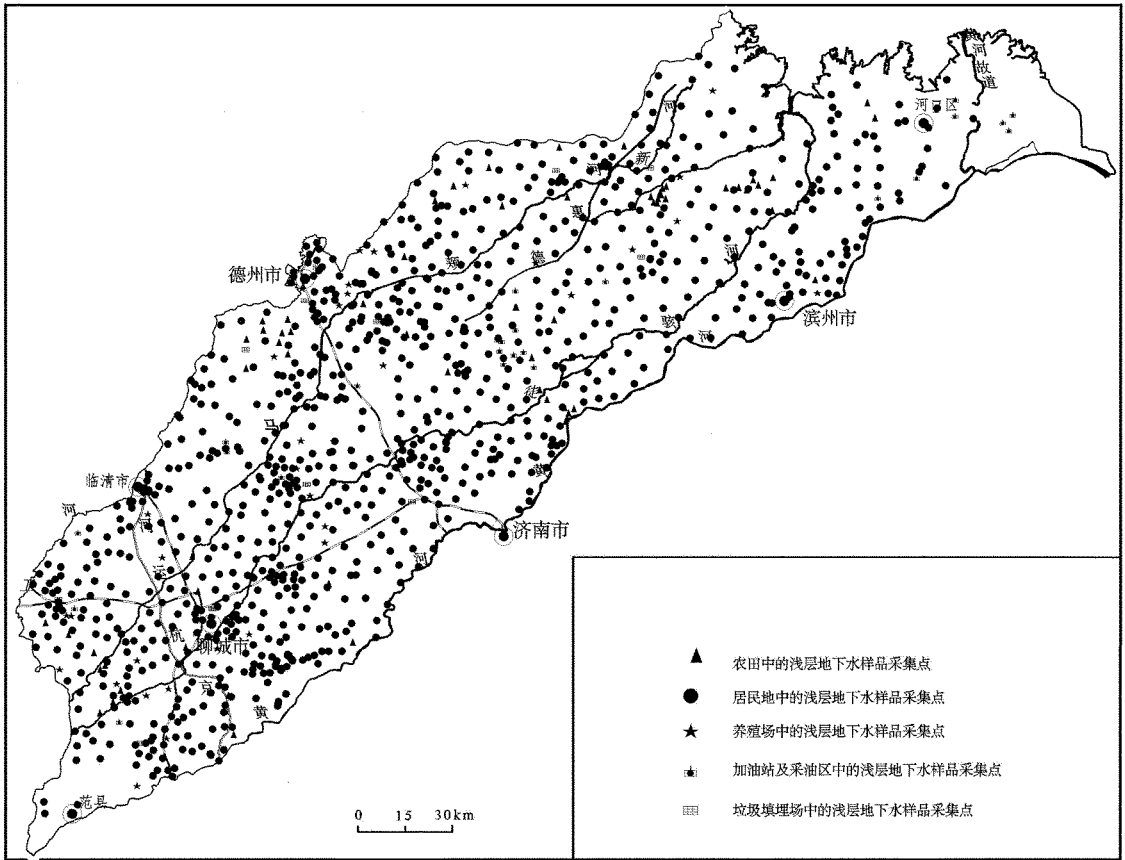


图 2 取样点位置示意图

场的标准离差相对较小,表明在养殖场附近采集的浅层地下水样中砷的区域差别不明显,区域差异较小,应与外来人为因素:在饲料中大量添加有机砷制剂有关。

2.2 砷的空间分布特征

农村居民地中采集的浅层地下水样品众多,且分布比较均匀,基本代表了浅层地下水中砷的空间分布规律(图 3),研究区大部分区域的浅层地下水中未检出砷,砷含量在 0.005~0.010 mg/L 的分布区域较小,主要分布在西部的聊城市和东部沿海一带;砷含量在 0.010~0.050 mg/L 的分布区域较大,主要分布在西部的聊城市和东营区河口一带;砷含量 >0.050 mg/L 的区域在研究区内零散分布,面积较小,在聊城市西北和济南市西北有小面积分布。养殖场在研究区内分布比较分散,且大致分布均匀,但在大部分养殖场中所采取的浅层地下水中砷的含量较其所在含量区间为高。

2.3 砷的统计校验和方差分析

2.3.1 检出情况统计校验和方差分析

研究区居民地所采取的浅层地下水样品众多,且人的日常生活对浅层地下水中的砷的含量影响较小,故可以认为所采取的浅层地下水样品中检出的砷可以大致反映研究区内浅层地下水中砷的分布现状。利用 Spss 统计软件对不同的典型区中检出的砷分析数据进行了多个样本非参数校验分析(表 3),分析结果表明,双侧近似 P 值 < 0.05,故可以认为在不同的典型区中采集的浅层地下水的砷含量存在差别。为了更清楚地查明在不同类型区中的差别关系,对在不同典型区中采集的浅层地下水样品中检出的砷进行了多次两独立样本非参数校验(表 4),分析结果表明,双侧近似 P 值均小于 0.05,故可以认为在养殖场中采集的浅层地下水中的砷含量与其他典型区存在差别,除养殖场外,其他典型区之间的双侧近似 P 值均大于 0.05,其他典型区中浅层地下水中的砷含量不存在差别,即居民区等典型区中浅层地下水中的砷基本上为原生态的,人为影响因素较小;养殖场中浅层地下水中的砷,与其他典型场地有差别,养殖场中浅层地下水中的砷已经受到了

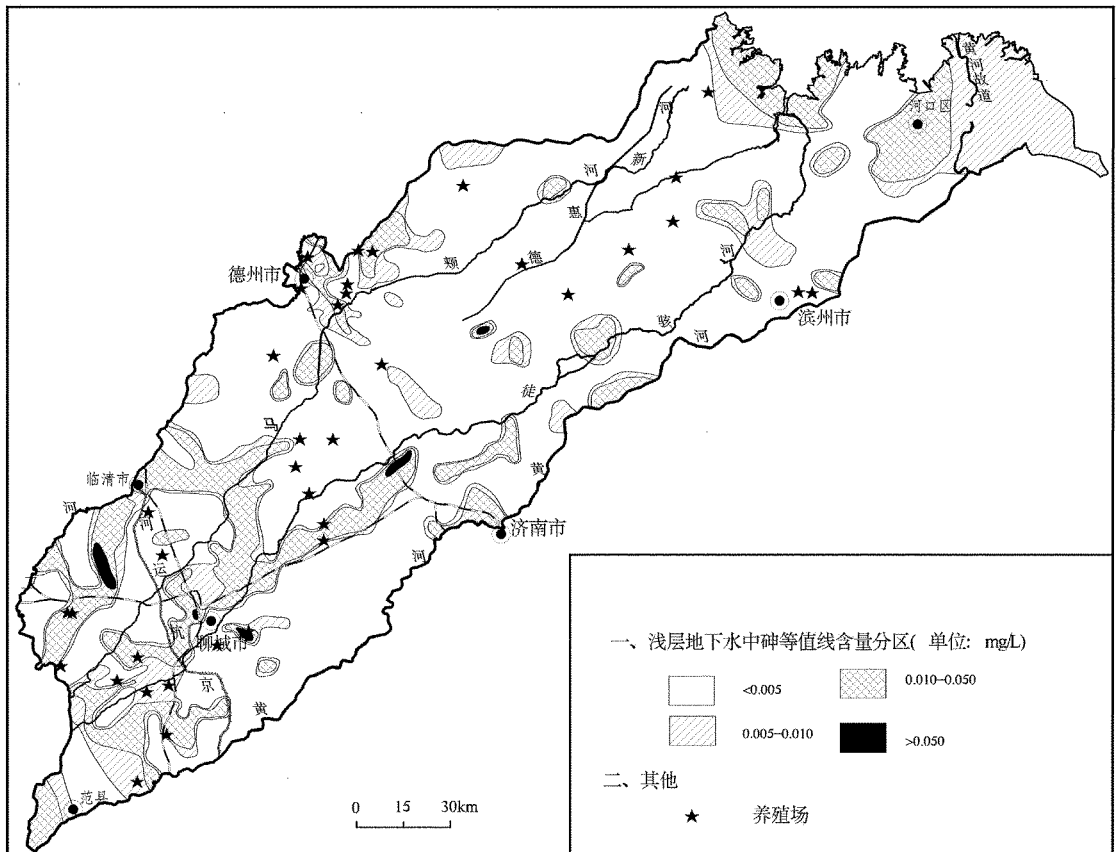


图 3 鲁北平原浅层地下水中砷的空间分布特征示意图

外来的影响。

表 2 Kruskal - Wallis Test 和 Median Test 分析检验统计量

Kruskal - Wallis Test 分析	砷含量	Median Test 分析	砷含量
卡方检验	22.325	卡方检验	21.955(a)
自由度	4	自由度	4
双侧近似 P 值	0.000	双侧近似 P 值	0.000

表 3 两独立样本砷含量非参数校验分析结果

分组	样本数	平均秩	双侧近似 P 值	典型区	样本数	平均秩	双侧近似 P 值
养殖场	37	63.31	0.005	农田	67	43.84	0.276
农田	67	46.53		垃圾场	17	37.24	
总和	104			总和	84		
养殖场	37	36.88	0.023	农田	67	47.78	0.867
加油站	27	26.50		加油站	27	46.81	
总和	64			总和	94		
养殖场	37	31.26	0.007	加油站	27	23.48	0.466
垃圾场	17	19.32		垃圾场	17	20.94	
总和	54			总和	44		
养殖场	37	665.85	0.000	加油站	27	517.91	0.451
居民区	939	481.51		居民区	939	482.51	
总和	976			总和	966		
农田	67	546.66	0.147	垃圾场	17	450.50	0.624
居民区	939	500.42		居民区	939	479.01	
总和	1006			总和	956		

2.3.2 超标情况统计校验和方差分析

研究区居民地所采取的浅层地下水样品众多，且人的日常生活对浅层地下水中的砷含量影响较小，故可以认为所采取的浅层地下水样品中超标的砷也可以大致反映研究区内浅层地下水超标砷的分布现状。利用 Spss 软件对不同的典型区的超标砷分析数据进了多个样本非参数校验分析(表 4)，分析结果表明，双侧近似 P 值 < 0.05 ，故可以认为在不同的典型区中采集的浅层地下水的超标砷含量也存在差别。为了更清楚地查明在不同类型区中的差别关系，对在不同典型区中采集的浅层地下水样品中的超标砷进行了多次两独立样本非参数校验(表 5)，分析结果表明，养殖场与其他典型区的双侧近似 P 值均小于 0.05，故可以认为在养殖场中采集的浅层地下水中的超标砷与其他典型区中浅层地下水中的超标砷存在差别，除畜养殖场外，其他典型区之间的双侧近似 P 值均大于 0.05，其他典型区中浅层地下水中的超标砷含量不存在差别，即居民区等典型区中浅层地下水中的超标砷基本上为原生的，人为影响因素较小；养殖场中浅层地下水中的超标

砷,与其他典型场地有差别,养殖场中浅层地下水中的超标砷已经受到了外来的影响。

表 4 Kruskal - Wallis Test 和 Median Test 分析检验统计量

Kruskal - Wallis Test 分析	砷含量	Median Test 分析	砷含量
卡方检验	22.325	卡方检验	21.955(a)
自由度	4	自由度	4
双侧近似 P 值	0.007	双侧近似 P 值	0.028

表 5 两独立样本砷含量非参数校验分析结果

分组	样本数	Mean Rank	P	分组	样本数	Mean Rank	P
养殖场	37	62.14	0.005	农田	67	42.78	0.790
农田	67	47.18		垃圾场	17	41.41	
总和	104			总和	84		
养殖场	37	36.00	0.049	农田	67	47.12	0.787
加油站	27	27.70		加油站	27	48.44	
总和	64			总和	94		
养殖场	37	30.27	0.034	加油站	27	22.89	0.747
垃圾场	17	21.47		垃圾场	17	21.88	
总和	54			总和	44		
养殖场	37	622.00	0.000	加油站	27	498.70	0.713
居民区	939	483.24		居民区	939	483.06	
总和	976			总和	966		
农田	67	502.92	0.983	垃圾场	17	463.85	0.777
居民区	939	503.54		居民区	939	478.77	
总和	1006			总和	956		

3 结 论

鲁北平原浅层地下水中的砷大部分为原生环境

所导致,但人为影响因素在不断加大,养殖场所排出的含砷废水和粪便等废物已经成为鲁北平原浅层地下水中砷的一个不可忽略的来源,如果不采取措施进行控制,这种影响在将来会进一步加大,可能对浅层地下水造成严重污染,对环境所造成的危害也将更加明显。

参 考 文 献:

[1] 刘鸿德. 砷及地方性砷中毒的有关特征概述[J]. 国外医学:地理分册,1988,9(2):49.

[2] 谭见安. 论环境砷与地方性砷中毒[J]. 内蒙古地方病防治研究,1994,19,(SO):19.

[3] 孔庆友. 山东地质环境中砷的分布特征[J]. 山东国土资源,2004,20(5):37-42.

[4] 董彦莉,赵超,崔晓娜,等. 化学元素砷与畜禽生产[J]. 饲料天地,2008,(1):61-62.

[5] 李银生,曾振灵,陈杖榴,等. 洛克沙砷的作用、毒性及环境行为[J]. 上海畜牧兽医通讯,2003,(1):10-12.

[6] 吉林省地方标准. 用水定额[S]. DB22/T389-2004.

[7] 吴宗权. 畜禽饲料效率之浅见[J]. 贵州畜牧兽医,1993,17(8):20-23.

[8] 刘桂仪. 鲁北平原深层地下水基本特征与水环境问题[J]. 山东地质,2001,17(5):43-47.

[9] 李志辉,罗平,洪楠,等. Spss for Windows 统计分析教程(第 2 版)[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

Analysis on Arsenic Sources of Shallow Groundwater in Northern Shandong Plain

LIU Zhongye, YANG Lizhi, QI Xiaofan, ZHANG Tao, LIU Chunhua
(Shandong Geological Sruveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In order to clarify effects of discharged arsenic wastewater from livestock farm to shallow groundwater quality in northern Shandong plain, through analysis and study on arsenic content of water samples collected from livestock farm discharged wastewater and other water samples collected from the whole areas, it is showed that arsenic-bearing wastewater has caused some pollution to nearby groundwater. It also shows that the arsenic discharged wastewater by livestock farm has become an important source of arsenic in shallow groundwater. This conclusion can provide certain reference basis for antifouling and pollution treatment of shallow groundwater and limit arsenic feed adding.

Key words: Arsenic; shallow groundwater; livestock farm; northern Shandong plain